


10/600457

(19)  **Europäisches Patentamt**
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 065 740 A2**

(12) **EUROPEAN PATENT APPLICATION**

(43) Date of publication:
03.01.2001 Bulletin 2001/01

(51) Int. Cl.⁷: **H01M 8/04**

(21) Application number: **00110375.3**

(22) Date of filing: **15.05.2000**

(84) Designated Contracting States:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE
Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(72) Inventors:
• **Mowery, Kenneth D.**
Noblesville, Indiana 46060 (US)
• **Ripley, Eugene V.**
Russiaville, Indiana 46979 (US)

(30) Priority: **02.07.1999 US 348245**

(74) Representative:
Manitz, Finsterwald & Partner
Postfach 22 16 11
80506 München (DE)

(71) Applicant:
General Motors Corporation
Detroit, Michigan 48265-3000 (US)

(54) **Flexible method for monitoring fuel cell voltage**

(57) A method for equalizing the measured voltage of each cluster in a fuel cell stack wherein at least one of the clusters has a different number of cells than the identical number of cells in the remaining clusters by creating a pseudo voltage for the different cell numbered cluster. The average cell voltage of the all of the cells in the fuel cell stack is calculated and multiplied by a constant equal to the difference in the number of cells in the identical cell clusters and the number of cells in the different numbered cell cluster. The resultant product is added to the actual voltage measured across the different numbered cell cluster to create a pseudo voltage which is equivalent in cell number to the number of cells in the other identical numbered cell clusters.

EP 1 065 740 A2

Description

Statement of Government Support

[0001] The Government of the United States of America has right in this invention pursuant to Agreement No. DE-AC02-90CH10435 awarded by the U.S. Department of Energy.

Cross Reference to Co-Pending Applications

[0002] The present application discloses subject matter which is disclosed and claimed in co-acting pending U.S. Patent Applications Serial No. 09/436,819, filed November 9, 1999, attorney docket number H-204425, and entitled "Fuel Cell Voltage Monitoring and System Control" and U.S. Patent Application Serial No. 09/358,080, filed July 21, 1999, attorney docket number H-202971, and entitled "Methanol Tailgas Combustor Control Method", the entire contents of both of which are incorporated herein by reference.

Field of the Invention

[0003] This invention relates to a fuel cell system, and more particularly to a system having a plurality of cells which consume an H₂-rich gas to produce power for vehicle propulsion.

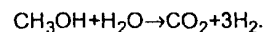
Background of the Invention

[0004] Fuel cells have been used as a power source in many applications. Fuel cells have also been proposed for use in electrical vehicular power plants to replace internal combustion engines. In proton exchange membrane (PEM) type fuel cells, hydrogen is supplied to the anode of the fuel cell and air is supplied as the oxidant to the cathode. PEM fuel cells include a "membrane electrode assembly" (MEA) comprising a thin, proton transmissive, solid polymer membrane-electrolyte having the anode on one of its faces and the cathode on the opposite face. The MEA is sandwiched between a pair of electrically conductive elements which (1) serve as current collectors for the anode and cathode, and (2) contain appropriate channels and/or openings therein for distribution the fuel cell's gaseous reactants over the surfaces of the respective anode and cathode catalysts. A plurality of individual cells are commonly bundled together to form a PEM fuel cell stack. The term fuel cell is typically used to refer to either a single cell or a plurality of cells (stack) depending on the context. A group of cells within the stack, typically adjacent cells, is referred to as a cluster.

[0005] In PEM fuel cells hydrogen (H₂) is the anode reactant (i.e., fuel) and oxygen is the cathode reactant (i.e., oxidant). The oxygen can be either a pure form (O₂), or air (a mixture of O₂ and N₂). The solid polymer electrolytes are typically made from ion exchange res-

ins such as perfluorinated sulfonic acid. The anode/cathode typically comprises finely divided catalytic particles, which are often supported on carbon particles, and admixed with a proton conductive resin. The catalytic particles are typically costly precious metal particles. These membrane electrode assemblies which comprise the catalyzed electrodes, are relatively expensive to manufacture and require certain controlled conditions in order to prevent degradation thereto. For vehicular applications, it is desirable to

[0006] use a liquid fuel such as an alcohol (e.g., methanol or ethanol), or hydrocarbons (e.g., gasoline) as the source of hydrogen for the fuel cell. Such liquid fuels for the vehicle are easy to store onboard and there is a nationwide infrastructure for supplying liquid fuels. However, such fuels must be dissociated to release the hydrogen content thereof for fueling the fuel cell. The dissociation reaction is accomplished heterogeneously within a chemical fuel processor, known as a reformer, that provides thermal energy throughout a catalyst mass and yields a reformat gas comprising primarily hydrogen and carbon dioxide. For example, in the steam methanol reformation process, methanol and water (as steam) are ideally reacted to generate hydrogen and carbon dioxide according to this reaction:



The reforming reaction is an endothermic reaction that requires external heat for the reaction to occur.

[0007] Fuel cell systems which process a hydrocarbon fuel to produce a hydrogen-rich reformat for consumption by PEM fuel cells are known and are described in co-pending United States Patent Application Serial Nos. 08/975,442 and 08/980,087, filed in the name of William Pettit in November, 1997, and U.S. Serial No. 09/187,125, filed November 5, 1998, and each assigned to the assignee of the present invention. A typical PEM fuel cell and its membrane electrode assembly (MEA) are described in United States Patent Nos. 5,272,017 and 5,316,871, issued respectively December 21, 1993 and May 31, 1994, each assigned to the assignee of the present invention.

[0008] For vehicular power plants, the reaction within the fuel cell must be carried out under conditions which preserve the integrity of the cell and its valuable polymeric and precious metal catalyst components. Since the anode, cathode and electrolyte layers of the MEA assembly are each formed of polymers, it is evident that such polymers may be softened, melted or degraded if exposed to too high a temperature.

[0009] A typical fuel cell system does not directly monitor the rate of hydrogen flow to the fuel cell; that is, a hydrogen sensor is not located directly upstream of the fuel cell. In such a fuel cell system, it is important to match the load being demanded of the fuel cell with the rate at which hydrogen is supplied to the fuel cell. If more current is attempted to be drawn out of the fuel cell

than the fuel cell is capable of supplying because there is not enough hydrogen to create the increased electrical power, then it is possible to significantly degrade the fuel cell stack.

[0010] If the vehicle propulsion system continues to increase the load and allows the cell voltage to continue to decline, deterioration of one or more individual cells can result and it is also possible to incur a permanent reverse polarity. In this situation, a cell begins acting as a resistor and will start heating up. As the cell continues to heat up, it will adversely affect the cell next to it and, if heat effect is not abated, it is possible to melt components of the fuel cell.

[0011] Although it is possible to obtain the overall voltage of the fuel cell stack, this does not indicate the existence of one problem cell within the stack. In other words, a small voltage drop occurring at a number of the cells could not be distinguished from a large voltage drop in one problem or weak cell.

[0012] This is evident by an example where the fuel cell stack might have, for example, 200 cells at 0.7 to 0.8 volts each at a given load. In a circumstance where 3 cells drop from 0.75 volts to 0.0 volts the overall fuel stack voltage changes from 150 volts to 147.75 volts. This latter value is well above the expected voltage if all of the cells were at 0.7 volts, that is, at the lower range indicating a stack voltage of 140 volts which is nominally acceptable.

[0013] While it would be advantageous to monitor the voltage of each cell in a stack, from an economic view point this is not strictly necessary or desirable. Since a typical PEM fuel cell stack, sized for use in automotive power and voltage ranges, contains approximately 150 to 200 cells, the logistic of reading all of the 150 to 200 cell voltages can become a significant task, with respect to hardware connections. Also, due to the sheer size of the data being processed from each of the 150 to 200 cells, care must be taken to design efficient software to collect and process all of the cell voltage information.

[0014] Therefore, a typical approach relies on monitoring groups of cells, referred to as "clusters" instead each individual cell. Care must be taken not to group too many cells together in a cluster since the total contribution of each cell's output to the chosen cluster output must be large enough so that an individual poor performing cell can be resolved from the condition where are cells in the cluster are on the low side of nominal performance. This resolution limitation usually results in either three or four cells being grouped together in a cluster.

[0015] Historically, when forcing a cluster monitoring requirement on the fuel cell stack design, the result is that the stack must be designed with a total number of cells which have a numerical modulus equal to the number of cells in each monitored cluster in order not to leave any cell(s) unmonitored. This poses a problem when there is a need to change the number of cells in a

cluster for a given stack design. Additionally, adding "extra" cells to a new fuel cell design just to make the number of cells convenient for the monitoring system is not considered a good economic practice.

[0016] Thus, it would be desirable to provide a method for diagnostic monitoring of fuel cell clusters containing any number of cells per cluster which can be interfaced to fuel cell stack designs containing any total number of cells. It would also be desirable to provide a method for diagnostic monitoring of a fuel cell stack which avoids the design and calibration of a unique monitoring approach only for a cluster containing less than the identical number of cells per cluster in the remaining portion of the fuel cell stack. It would also be desirable to provide a monitoring technique for a fuel cell which enables a fixed number of cells to be included in each cluster without requiring rearrangement or rewriting of the monitoring software for the addition or removal of cells from the fuel cell stack.

Summary of the Invention

[0017] The present invention is a method of monitoring a fuel cell apparatus wherein a hydrogen-rich stream is supplied to a fuel cell stack, wherein the fuel cell stack includes a plurality of first clusters formed of identical number of fuel cells and at least one second cluster formed of a different number of fuel cells. The present method includes the following steps:

- (a) measuring the voltage across the entire fuel cell stack;
- (b) measuring the voltage across the second cluster of fuel cells; and
- (c) creating a pseudo cluster voltage for the second cluster based on the average cell voltage of all of the cells in the fuel cell stack, the actual voltage across the second cluster and the difference between the number of cells in the first clusters and the number of cells in the second cluster.

[0018] In a specific aspect, the method of the present invention includes the following steps:

- (a) measuring the total voltage across all of the fuel cells in the stack;
- (b) determining the average cell voltage for the entire stack;
- (c) multiplying the average cell voltage for the entire stack by the difference between the number of cells in each of the first clusters and the number of cells in the second cluster; and
- (d) adding the product of (c) to the actual voltage across the second cluster.

[0019] In another specific aspect, the inventive method determines the difference between the number of cells in each of the first clusters and the number of

cells in the second cluster to form a constant;

multiplies the constant and the average cell voltage across the entire stack; and
adds the product of step (b) to the actual measured voltage across the second cluster.

[0020] In a broad aspect of the invention, the present inventive method adjusts the measured voltage across the second cluster by a factor equivalent to the average cell voltage of all the cells in the fuel cell stack for each different fuel cell between the number of fuel cells in the second cluster and the number of fuel cells in the first cluster.

[0021] The method of the present invention provides significant advantages in fuel cell design and diagnostic monitoring. The present inventive method enables the cells of a fuel cell stack to be monitored in clusters containing a small number of cells regardless of the number of cells forming each cluster. This enables a single monitoring program or circuit to monitor each fuel cell cluster regardless of the number of cells in each cluster. This avoids the necessity of designing a new monitoring control program or circuit just for the clusters containing a different number of cells. More importantly, the monitoring method of the present invention enables a fuel cell stack to be devised with any number of cells to meet particular application requirements without the necessity of adding or eliminating individual fuel cells just for monitoring purposes.

Brief Description of the Drawing

[0022] The various features, advantages and other uses of the present invention will become more apparent by referring to the following description and drawings in which:

Figure 1 is a flow diagram showing an exemplary vehicle fuel cell system usable with the monitoring method of the present invention;

Figure 2 is a schematic diagram showing the connection of the fuel cell of Figure 1 in a vehicle;

Figure 3 is a pictorial drawing showing cells of a fuel cell stack arranged in clusters with connections for voltage monitoring according to the present invention; and

Figure 4 is a flow/control diagram of a cluster voltage generating method according to the present invention.

Detailed Description of the Preferred Embodiment

[0023] The invention is hereafter described in the context of a fuel cell fueled by a methanol (MeOH) fuel

processor. However, it is to be understood that the principles embodied herein are equally applicable to fuel cells fueled by other fuels, such as ethanol or gasoline, which utilize a fuel processor for conversion into a hydrogen rich stream.

[0024] By way of background, as shown in Figure 1, a fuel cell apparatus usable as an energy source for vehicle propulsion includes a fuel processor 2 for catalytically reacting methanol from a methanol stream 6 and water or steam from a water stream 8 in a recirculating bed 10 and a catalytic bed 12 to form a hydrogen-rich reformat gas stream. A heat exchanger 14 is interposed between the catalytic bed 12 and a preferential oxidation (PROX) reactor 16. The reformat output gas stream comprises primarily H_2 and CO_2 , but also includes N_2 , CO and water. The reformat stream passes through the preferential oxidation (PROX) reactor 16 to reduce the CO-levels therein to acceptable levels (i.e., below 20 ppm). The H_2 rich reformat 20 is then fed into the anode chamber of a fuel cell 22. At the same time, oxygen (e.g., air) from an oxidant stream 24 is fed into the cathode chamber of the fuel cell 22. The hydrogen from the reformat stream 20 and the oxygen from the oxidant stream 24 react in the fuel cell 22 to produce electricity.

[0025] Exhaust or effluent 26 from the anode side of the fuel cell 22 contains some unreacted hydrogen. The exhaust or effluent 28 from the cathode side of the fuel cell 22 contains some unreacted oxygen. Air for the oxidant stream 24 is provided by a compressor 30 and is directed to the fuel cell 22 by a valve 32 under normal operating conditions. During start-up, however, the valve 32 is actuated to provide air to the input of a combustor 34 used to heat the fuel processor 2, as will be described in more detail hereinafter.

[0026] Heat from the heat exchanger 14 heats the catalyst bed(s) 10 and 12 in the fuel processor 2 and also heats the PROX 16. In this regard, the H_2O -MeOH mixture supplied to the fuel processor 2 will be vaporized and preferably be recirculated/refluxed several times (e.g., 20 X) through the recirculating bed 10 in the fuel processor 2, the heat exchanger side of the bed 12, the PROX 16 and the heat exchanger 14 such that the mixture also functions as a heat transfer medium for carrying heat from the heat exchanger 14 into the beds 10 and 12 of the fuel processor 2 and to the PROX 16.

[0027] The heat exchanger 14 itself is heated from exhaust gases 36 exiting the catalytic combustor 34. The gases 36 exiting the heat exchanger 14 are still hot and could be passed through an expander, not shown, which could drive the compressor 30 or utilized in another manner. In the present implementation, as shown in Figure 1, the exhaust gases from the fuel processor 2 pass through a regulator 38, a shutoff valve 40 and a muffler 42 before being dumped to atmosphere.

[0028] MeOH vapor 40 emanates from a vaporizer 41 nested in the exhaust end 44 of the combustor 34. The vaporizer 41 is a heat exchanger that extracts heat

from the combustor 34 exhaust to vaporize a first fuel stream, such as liquid MeOH 46 provided to the vaporizer 41 by fuel metering device 43 from the vehicle's fuel tank. The MeOH vapor 40 exiting the vaporizer 41 and the anode effluent 26 are reacted in a catalyst section 48 of the combustor 34 lying intermediate the inlet and exhaust ends 42 and 44 respectively of the combustor 34. Oxygen is provided to the combustor 34 either from the compressor 30 (i.e., via valve 32) or from a second air flow stream, such as a cathode effluent stream 28 depending on system operating conditions. A valve 50 permits dumping of the combustor exhaust 36 to atmosphere when it is not needed in the fuel processor 2.

[0029] Further details concerning the construction of the combustor 34 can be had by referring to pending U.S. Patent Applications Serial Nos. 08/975,422 and 08/980,087 filed in the name of William Pettit in November 1997, the entire contents of which are incorporated herein by reference.

[0030] An electric heating element 52 is provided upstream of the catalyst bed 48 in the combustor 34 and serves to vaporize the liquid fuel 46 entering the combustor 34, heat the gas entering the bed 48 as well as preheating the bed 48 during start-up of the combustor 34. The heating element 52 may or may not be catalyzed. After start-up, as described hereafter, the electric heater 52 is no longer required since the fuel will be vaporized by the exhaust gases emanating from the exhaust end 44 of the combustor 34. A preferred electric heater 52 comprises a commercially available, uncatalyzed extruded metal monolith resistance element such as is used to light off the catalyst of a catalytic converter used to treat IC engine exhaust gases.

[0031] The exhaust end 44 of the combustor 34 includes a chamber that houses the vaporizer 41 which is a coil of metal tubing which is used to vaporize liquid fuel to fuel the combustor 34. More specifically, under normal post-start-up conditions, air or cathode effluent 28 may be introduced into the inlet end of the coil and mixed with liquid fuel sprayed into the inlet end via a conventional automotive type fuel injector. The airborne atomized fuel passes through the several turns of the heated coil tube, and therein vaporizes and exits the tube at an outlet which is located in the cathode effluent supply conduit. This vaporized first fuel stream supplements a second fuel stream or anode effluent 26 as fuel for the combustor 34 as may be needed to meet the transient and steady state needs of the fuel cell apparatus. The vaporizer coil is sized to vaporize the maximum flow rate of fuel with the minimum combustor exhaust flow rate, and is designed to operate at temperatures exceeding the autoignition temperature of the MeOH-air mixture therein throughout its fuel operational range. Autoignition within the vaporizer is avoided, however, by insuring that the velocity of the mix flowing through the coil significantly exceeds the worst-case flame speed of the mixture which varies with the composition of the inlet streams.

[0032] As shown in Figure 1, and as described in greater detail hereafter, the amount of heat demanded by the fuel processor 2 which is to be supplied by the combustor 34 is dependent upon the amount of fuel input to the combustor 34 and the desired reaction temperature in the combustor 34. To supply the heat demand of the fuel processor 2, the combustor 34 utilizes all anode exhaust or effluent and potentially some liquid fuel. Enthalpy equations are used to determine the amount of cathode exhaust or air to be supplied to the combustor 34 to meet the desired heat requirements of the fuel processor 2. The oxygen, air or air-like stream provided to the combustor 34 includes one or both of cathode effluent exhaust 28 which is typically a percentage of the total oxygen supplied to the cathode of the fuel cell 22 and a compressor output air stream depending on whether the apparatus is operating in a start-up mode wherein the compressor air stream is exclusively employed or in a run mode using the cathode effluent 28 and/or compressor air. In the run mode, any total air, oxygen or diluent demand required by the combustor 34 which is not met by the cathode effluent 28 is supplied by the compressor 30 in an amount to balance the enthalpy equations to reach the desired reaction temperature within the combustor 34 so as to supply the amount of heat required by the fuel processor 2 at the desired temperature.

[0033] The air quality control is implemented via an air dilution valve 47 which is a stepper motor driven valve having a variable orifice to control the amount of bleed-off of cathode exhaust supplied to the combustor 34 and potentially the system exhaust, which bleed-off air is dumped to atmosphere through the regulator 38, the valve 40, and the muffler 42. A further description of the air dilution valve 47 will be presented hereafter in conjunction with the various modes or sequences of operation of the combustor 34.

[0034] The fuel cell apparatus of the present invention operates as follows. At the beginning of operations when the fuel cell apparatus is cold and starting up: (1) the compressor 34 is driven by an electric motor energized from an external source (e.g., a battery) to provide the necessary system air; (2) air is introduced into the combustor 34 as well as the input end of the vaporizer 41; (3) liquid fuel 46 (e.g., MeOH) is injected into the inlet end of the vaporizer 41 via a fuel injector, and atomized as fine droplets with the air flowing therein; (4) the air-MeOH droplet mix exits the vaporizer 41 and mixes with compressor air introduced into the combustor 34, and is then introduced into the input end 42 of the combustor 34; (5) the mix passes through a flame arrestor in the front of the combustor 34; (6) the mix is then heated by the heater 52 to vaporize the liquid droplets and heat the mixture; (7) the preheated vaporous mix then enters a mixing-media bed for still further intimate mixing before contacting the light-off catalyst bed; (8) upon exiting the mixing-media bed, the mix begins oxidizing on the light-off catalyst bed just before it enters

a primary catalyst bed 48, or reacting section of the combustor 34, where substantially complete combustion of the fuel is effected; and (9) the hot exhaust gases exiting the catalyst bed are conveyed to the heat exchanger 14 associated with the fuel processor 2.

[0035] Once the fuel processor's temperature has risen sufficiently to effect and maintain the reformation process: (1) valve 32 is activated to direct air to the cathode side of the fuel cell 22; (2) MeOH and water are fed to the fuel processor 2 to commence the reformation reaction; (3) reformatte exiting the fuel processor 2 is fed to the anode side of the fuel cell 22; (4) anode effluent 26 from the fuel cell 22 is directed into the combustor 34; (5) cathode effluent 28 from the fuel cell 22 is directed into the combustor 34; (6) air is introduced into the vaporizer 41; (7) liquid methanol is sprayed into the vaporizer 41; (8) the methanol-air mix circulates through the heated vaporizer coil where the MeOH vaporizes; (9) the Air-MeOH mix along with the cathode effluent 28 then mixes with the anode effluent 26; and (10) the mix is burned on the catalyst bed of the combustor 34.

[0036] During normal (i.e., post start-up) operating conditions, the heater 42 is not used as the vaporizer 41 alone vaporizes the MeOH and preheats the MeOH-air mix. Under certain conditions, as described hereafter, the combustor 34 could operate solely on the anode and cathode effluents, without the need for additional MeOH fuel from the vaporizer 41. Under such conditions, MeOH injection to the combustor 34 is discontinued. Under other conditions, e.g., increasing power demands, supplemental fuel is provided to the combustor 34.

[0037] As described above, the combustor 34 receives multiple fuels, such as a methanol-air mix as well as anode effluent 26 from the anode of the fuel cell 22. Oxygen depleted exhaust air 28 from the cathode of the fuel cell 22 and air from the compressor 30 are also supplied to the combustor 34.

[0038] According to the present invention, a controller 150 shown in Figure 1 controls the operation of the combustor 34. Anode exhaust or effluent plus a liquid fuel, i.e., methanol, if required, support the energy requirements of the combustor 34. An enthalpy balance maintains the desired reaction by temperature controlling the amount of air and/or cathode exhaust supplied to the combustor 34 to meet all fuel processor heat requirements.

[0039] It should be noted that the energy requirements of the apparatus components are expressed herein in terms of power. This is for convenience and is meant to express an energy rate, often in units of kilowatts, rather than BTU per second.

[0040] The controller 150 may comprise any suitable microprocessor, microcontroller, personal computer, etc., which has central processing unit capable of executing a control program and data stored in a memory. The controller 150 may be a dedicated controller specific to the combustor 34 or implemented in software

stored in the main vehicle electronic control module. Further, although the following description describes a software based control program for controlling the combustor 34 in various modes of operation or sequence, it will also be understood that the combustor control can also be implemented in part or whole by dedicated electronic circuitry.

[0041] According to the present example, the controller 150 controls the operation of the combustor 34 in six different modes or sequences of operation. The separate modes of operation include (1) combustor start-up, (2) combustor operation during fuel processor warm-up, (3) combustor operation during fuel processor start-up, with the fuel cell off-line, (4) combustor operation during fuel processor run mode with the fuel cell stack on-line, (5) combustor shut down, and (6) combustor diagnostics.

[0042] Further details concerning the operation of the combustor 34 in all modes of operation of the fuel cell can be had by referring to co-pending U.S. Patent Application filed in July, 1999, in the names of David J. Hart-Predmore and William H. Pettit, entitled "Methanol Tailgas Combustor Control Method", the entire contents of which are incorporated herein by reference.

[0043] In a preferred embodiment, the fuel cell system comprises the fuel cell 16 as part of a circuit 60 (see Figure 2) wherein a portion of the external circuit 60, comprises a battery 62, an electric motor 64 and drive electronics 65 constructed and arranged to accept electric energy from a DC/DC converter 61 coupled to the fuel cell 16 and to convert it to mechanical energy produced by motor 64. The battery 62 is constructed and arranged to accept and store electrical energy supplied by fuel cell 22 and to provide electric energy to motor 64. The motor 64 is coupled to driving axle 66 to rotate wheels of a vehicle (not shown). An electrochemical engine control module (EECM) 70 and a battery pack module (BPM) 71 monitor various operating parameters, including, but not limited to, the voltage and current of the stack which is done by the battery pack module 71, for example. The BPM 71 sends an output signal (message) to the vehicle controller 74 based on conditions monitored by the BPM 71. The vehicle controller 74 controls operation of the battery 62, the drive electronics 65 and the electric motor 64 in a conventional manner.

[0044] The term "fuel cell" is also used to refer to a fuel cell stack which contains many individual fuel cells as further illustrated in Figure 3. Thus, fuel cell 22 of Figure 3 in a typical arrangement consists of many cells 84 called a stack 80. The fuel cell stack 80 consists of a plurality of cells 84, often on the order of one hundred or more, connected in series. Each cell 84 within the stack 80 comprises the membrane electrode assembly described earlier, and each such cell 84 provides its increment of voltage.

[0045] A group of cells within the stack is referred to as a "cluster", with the stack 80 being formed of a plural-

ity of first clusters 86, each formed of an identical number of cells 84, and a single endmost or last cluster 87 having a different number of cells than the identical number of cells 84 in the first clusters 86. Typically, the number of cells per cluster is on the order of three or four cells. Four cells 84 in each first cluster 86 is shown and described by way of example only. Other number of cells could also be selected to form a plurality of like clusters 86.

[0046] The second cluster 87 is formed of three cells 84 by example. This results from a particular application power requirement, space consideration, etc., which results in a total number of cells which are not devisable by the common number of cells 84 in the first clusters 86. One or two cells could also form the second cluster 87.

[0047] As described in co-pending patent application filed in July, 1999, in the names of Donald H. Kesula, Bruce J. Clingerman, and Robert W. Chalfant, and entitled "Fuel Cell Voltage Monitoring and System Control", the entire contents of which are incorporated herein by reference, the voltage of each cluster 86 is monitored and compared with predetermined voltage safety levels to detect and/or provide an early detection of a low cell voltage within the stack 80 before the low voltage cell can degrade adjacent cells or even the entire stack 80.

[0048] It is preferred that monitoring method be identical for each cluster 86 to implement economies in hardware and software design. However, according to the present invention, the different number of cells 84 in the second cluster 87 is compensated for by the unique method described hereafter.

[0049] In Figure 3, each of the first clusters 86 of individual cells 84 are able to be monitored individually and essentially simultaneously by means of conductors 85 which connect a positive electrode and a negative electrode of each cluster 86 to a summing node or voltage measurement device denoted by reference number 91. The summing node or device 91 provides a cumulative voltage for the cells 84 in the respective cluster 86. The output of each summing node 91 (clstr_volts(1), clstr_volts(2), etc.) is directed to a monitoring circuit as described in the above-referenced patent application.

[0050] A positive electrode conductor 85 from one end of the stack 80 and a negative electrode conductor 88 from the opposite end of the stack 80 are connected to a separate summing node or junction 90 to provide a measurement of the total voltage of the stack 80 across all of the individual cells 84 in clusters 86 and 87 which form the stack 80.

[0051] According to the unique method of the present invention, the total cell voltage as shown by output 92 from the summing node 90 is used as a dividend labeled total_cell_volts and is divided by the total cell 84 count (K_TOTAL_CELLS_CNT) forming the stack 80 as shown by the constant 96 in step 94. The output of the division step is the average cell volts (cell_volts_ave) as

shown by reference number 98 for the stack 80.

[0052] The method of the present invention, as shown in Figures 3 and 4, may be implemented in hardware or software. A software implementation is described herein due to its easy adaptability in the controller or EECM 70.

[0053] In Figure 4, a constant 100 labeled K_CLSTR_FILL_CNT is used to represent the difference between the number of cells 84 in each of the first clusters 86 and the number of cells 84 in the second or last cluster 87. In the present example, the constant 100 equals one (4-3). The constant 100 is multiplied by the average cell voltage (cell_volts_ave) 98 in step 102. The result is summed with a separate input (act_clstr_volts(n)) 103 representing the actual measured voltage across the second, last cluster 87 as generated by the summing node or junction 89 in Figure 3. The resulting output 106 labeled "clstr_volts(n)", represents a padded or pseudo total voltage for the cells 84 in the second cluster 87 as if the last cluster 87 contains the same number of cells 84 as in all of the first clusters 86.

[0054] In this manner, each of the cluster voltages output from the respective summer nodes 89 and 91 can be separately input to a standard voltage monitoring circuit and treated identically to detect a low voltage of any one cluster despite the fact that the last cluster 87 contains a different number of cells 84 than the number of cells 84 in the other clusters 86.

[0055] The output 106 is generated continuously during operation of the fuel cell 22 to provide continuous monitoring of the second cluster 87 and a recalculation of the pseudo voltage of the cluster 87 for use by the monitoring circuit.

[0056] In summary, there has been disclosed a unique method of equalizing cluster voltages in a fuel cell for use by a fuel cell monitoring circuit wherein a common monitoring circuit or method can be used with fuel cell clusters containing any identical number of cells, and particularly, where at least one of the cells has a different number of cells than the number of cells in the remaining clusters of the stack. This eliminates the need for a special circuit or monitoring method for the non-identical cluster. The present method is also transparent to the number of cells forming each cluster thereby enabling its use along with the corresponding fuel cell monitoring circuit with fuel cell stacks containing any number of cells and even fuel cell stacks from different manufacturers.

Claims

1. In a method of operating a fuel cell apparatus wherein a hydrogen-rich stream is supplied to a stack of fuel cells, wherein the fuel cell stack includes a plurality of first clusters formed of identical number of fuel cells and at least one second cluster formed of a different number of fuel cells, the

improvement comprising:

second cluster and the number fuel cells in the first cluster.

measuring the voltage across the entire fuel cell stack;
 measuring the voltage across the second cluster of fuel cells; and
 creating a pseudo cluster voltage for the second cluster based on the average cell voltage of all of the cells in the fuel cell stack, the actual voltage across the second cluster and the difference between the number of cells in the first clusters and the number of cells in the second cluster.

2. The improvement of claim 1 wherein the step of creating the pseudo cluster voltage for the second cluster comprises the steps of:

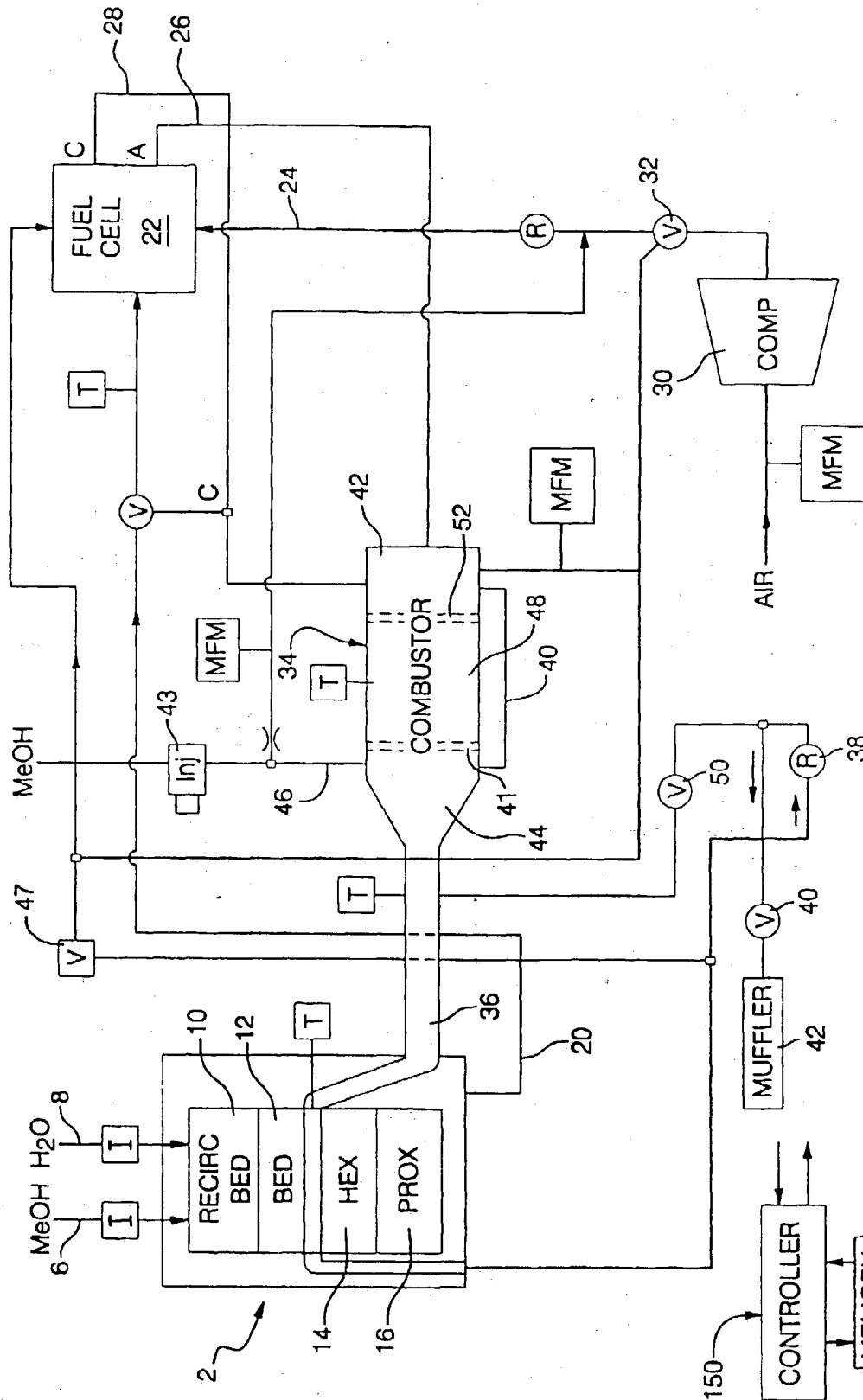
(a) measuring the total cell voltage across all of the fuel cells in the stack;
 (b) determining the average cell voltage for the entire stack;
 (c) multiplying the average cell voltage for the entire stack by the difference between the number of cells in the first clusters and the number of cells in the second cluster; and
 (d) adding the product of (c) to the actual measured voltage across the second cluster.

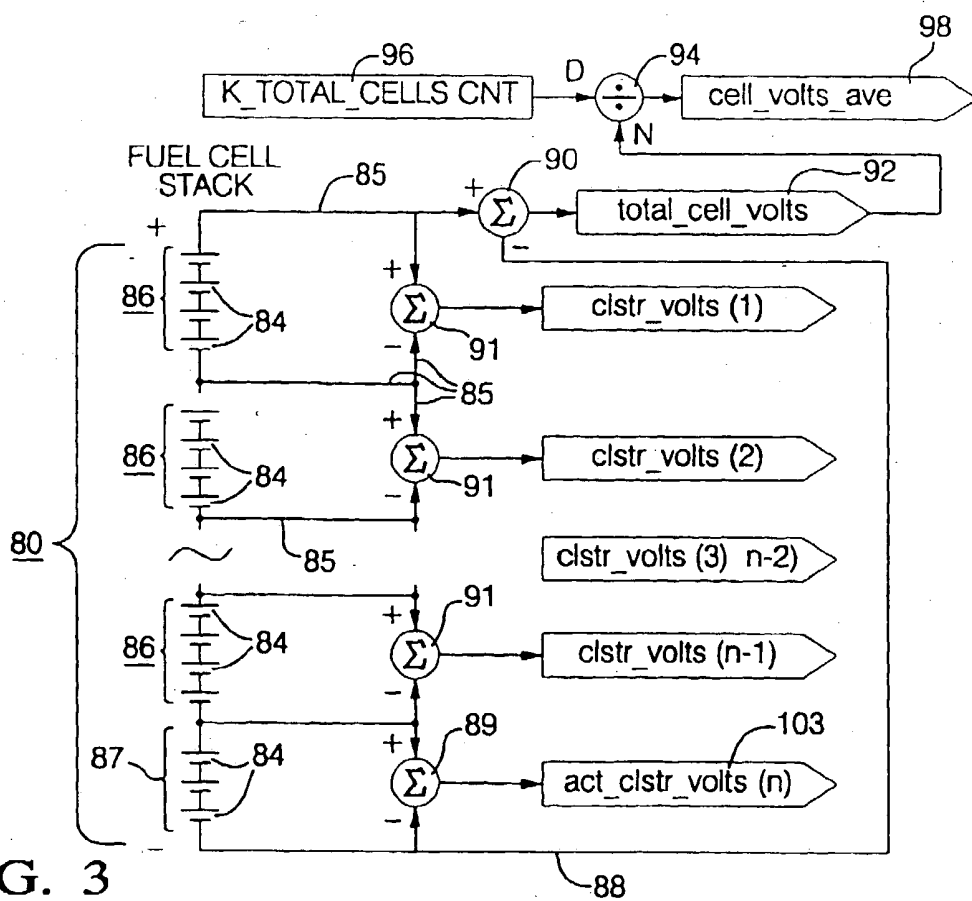
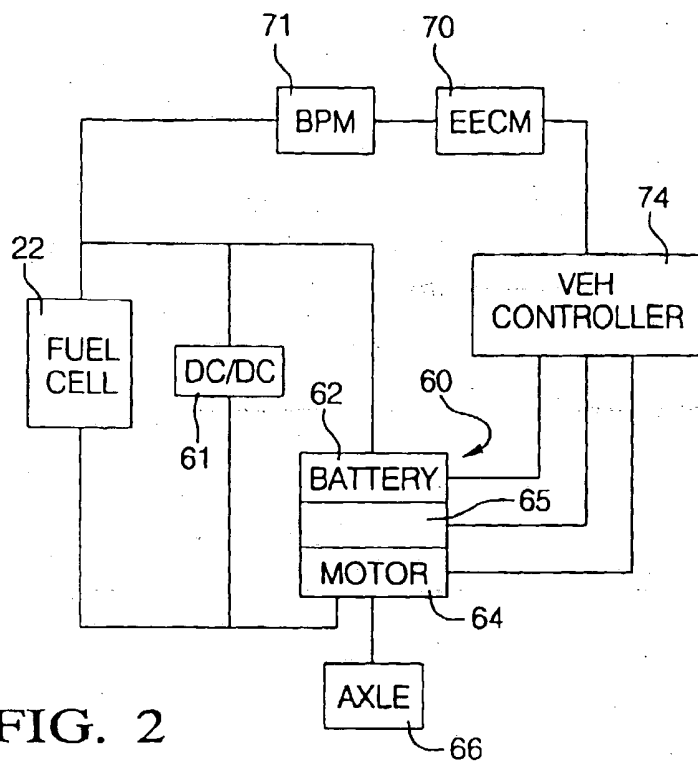
3. The improvement of claim 2 further comprising the steps of:

establishing a constant equal to the difference between the number of cells in each of the first clusters and the number of cells in the second cluster;
 multiplying the constant by the average cell voltage across the entire stack; and
 adding the resultant product of step (b) to the actual measured voltage across the second cluster.

4. In a method of operating a fuel cell apparatus wherein a hydrogen-rich stream is supplied to a stack of fuel cells, wherein the fuel cell stack includes a plurality of first clusters formed of identical number of fuel cells and at least one second cluster formed of a different number of fuel cells, the improvement comprising:

measuring the voltage across the entire fuel cell stack;
 measuring the voltage across the second cluster of fuel cells; and
 adjusting the measured voltage across the second cluster of fuel cells by a factor equivalent to the average cell voltage for each fuel cell difference between the number of fuel cells in the





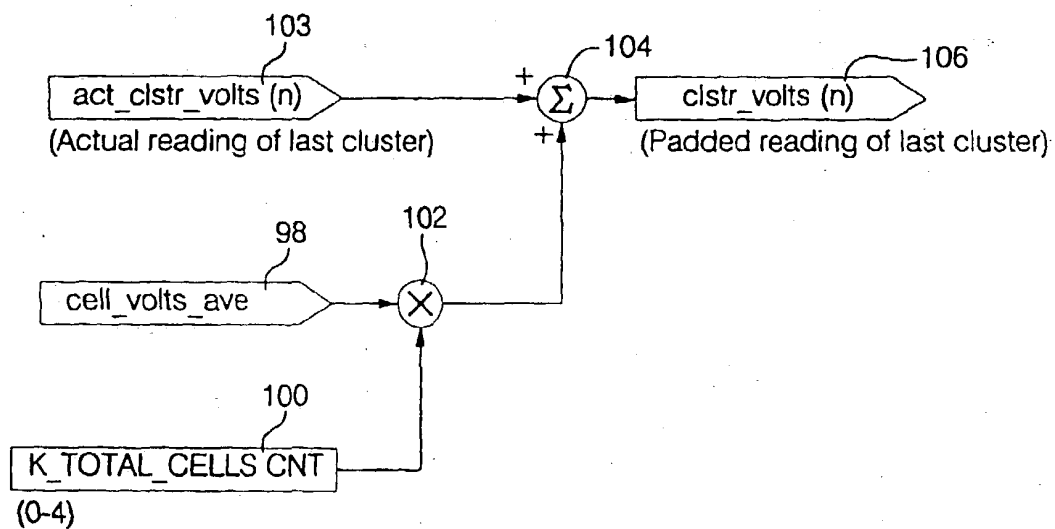


FIG. 4

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

| | | |
|---|----|--|
| (51) Internationale Patentklassifikation 6 : H02J 7/00 | A1 | (11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 99/67869 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 29. Dezember 1999 (29.12.99) |
|---|----|--|

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP99/03168

(22) Internationales Anmeldedatum: 8. Mai 1999 (08.05.99)

(30) Prioritätsdaten:
198 27 880.2 23. Juni 1998 (23.06.98) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):
DBB FUEL CELL ENGINES GESELLSCHAFT MIT
BESCHRÄNKTER HAFTUNG [DE/DE]; Neue Strasse 95,
D-73230 Kirchheim (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): JANSEN, Axel [DE/DE];
Junginger Strasse 7, D-89081 Ulm (DE). MÜLLER, Jens
[DE/DE]; Burgsteige 26, D-89134 Blaustein (DE). PAUL,
Steffen [DE/DE]; Filchner Strasse 32, D-81476 München
(DE). SONNTAG, Josef [DE/DE]; Ulmer Strasse 33 B,
D-89250 Senden (DE).

(74) Anwälte: KOCHER, Klaus-Peter usw.; DaimlerChrysler AG,
Intellectual Property Management, FTP - C 106, D-70546
Stuttgart (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: CA, JP, US, europäisches Patent (AT,
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU,
MC, NL, PT, SE).

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: CIRCUIT SYSTEM FOR AN INTEGRATED FUEL CELL SYSTEM

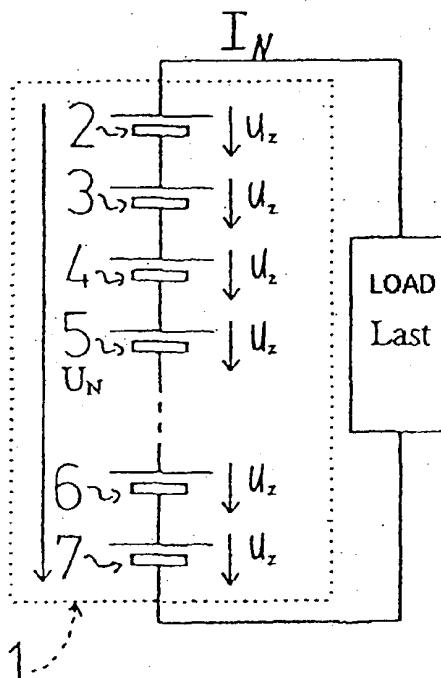
(54) Bezeichnung: SCHALTUNGSANORDNUNG FÜR EIN BRENNSTOFFZELLENVERBUNDSYSTEM

(57) Abstract

The invention relates to a circuit system for an integrated fuel cell system which consists of several individual fuel cells connected in series, the voltage of the individual fuel cells being monitored. The invention provides for components by means of which the individual fuel cells can be bypassed in the manner of a low-ohmic parallel connection. The invention further relates to a method for operating such a circuit system where the fuel cells are bypassed when their voltage falls below a defined threshold value or their voltage has undergone a sign reversal in relation to normal operations or, provided the components are controllable switches to be controlled, if the integrated fuel cell system is to be discharged.

(57) Zusammenfassung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung für ein Brennstoffzellenverbundsystem, das aus mehreren einzelnen in Reihe geschalteten einzelnen Brennstoffzellen besteht, wobei eine Spannungsüberwachung der einzelnen Brennstoffzellen erfolgt, wobei Bauelemente vorhanden sind, mittels denen die einzelnen Brennstoffzellen im Sinne einer niederohmigen Parallelschaltung überbrückbar sind. Weiterhin betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben einer derartigen Schaltungsanordnung, wobei die Brennstoffzellen überbrückt werden, wenn deren Spannung betragsmäßig unter einen bestimmten Schwellwert fällt oder wenn deren Spannung gegenüber den Normalbetrieb das Vorzeichen geändert hat oder aber, wobei die Bauelemente steuerbare Schalter sind, die angesteuert werden, wenn eine Entladung des Brennstoffzellenverbundsystems erfolgen soll.



LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

| | | | | | | | |
|----|------------------------------|----|-----------------------------|----|-----------------------------|----|------------------------|
| AL | Albanien | ES | Spanien | LS | Lesotho | SI | Slowenien |
| AM | Armenien | FI | Finnland | LT | Litauen | SK | Slowakei |
| AT | Österreich | FR | Frankreich | LU | Luxemburg | SN | Senegal |
| AU | Australien | GA | Gabun | LV | Lettland | SZ | Swasiland |
| AZ | Aserbaidshan | GB | Vereinigtes Königreich | MC | Monaco | TD | Tschad |
| BA | Bosnien-Herzegowina | GE | Georgien | MD | Republik Moldau | TG | Togo |
| BB | Barbados | GH | Ghana | MG | Madagaskar | TJ | Tadschikistan |
| BE | Belgien | GN | Guinea | MK | Die ehemalige jugoslawische | TM | Turkmenistan |
| BF | Burkina Faso | GR | Griechenland | | Republik Mazedonien | TR | Türkei |
| BG | Bulgarien | HU | Ungarn | ML | Mali | TT | Trinidad und Tobago |
| BJ | Benin | IE | Irland | MN | Mongolei | UA | Ukraine |
| BR | Brasilien | IL | Israel | MR | Mauretanien | UG | Uganda |
| BY | Belarus | IS | Island | MW | Malawi | US | Vereinigte Staaten von |
| CA | Kanada | IT | Italien | MX | Mexiko | | Amerika |
| CF | Zentralafrikanische Republik | JP | Japan | NE | Niger | UZ | Usbekistan |
| CG | Kongo | KE | Kenia | NL | Niederlande | VN | Vietnam |
| CH | Schweiz | KG | Kirgisistan | NO | Norwegen | YU | Jugoslawien |
| CI | Côte d'Ivoire | KP | Demokratische Volksrepublik | NZ | Neuseeland | ZW | Zimbabwe |
| CM | Kamerun | | Korea | PL | Polen | | |
| CN | China | KR | Republik Korea | PT | Portugal | | |
| CU | Kuba | KZ | Kasachstan | RO | Rumänien | | |
| CZ | Tschechische Republik | LC | St. Lucia | RU | Russische Föderation | | |
| DE | Deutschland | LI | Liechtenstein | SD | Sudan | | |
| DK | Dänemark | LK | Sri Lanka | SE | Schweden | | |
| EE | Estland | LR | Liberia | SG | Singapur | | |

Schaltungsanordnung für ein Brennstoffzellenverbundsystem

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1 sowie Verfahren zum Betreiben einer Schaltungsanordnung nach den Oberbegriffen der Patentansprüche 14 und 15.

Bei H_2/O_2 - Brennstoffzellenverbundsystemen können Betriebszustände eintreten, bei denen einzelne Zellen ihre Polarität vertauschen. Der Betrag der Zellenspannung liegt in diesem Fall bei etwa 0,5 V. In diesem Betriebszustand wirkt die Zelle als Verbraucher und erwärmt sich dabei unzulässig hoch oder wird sogar zerstört. Beispielsweise kann in einem mobilen Energieerzeugungssystem mittels eines Brennstoffzellenverbundsystems elektrische Energie erzeugt werden, die wiederum zum Antrieb elektrischer Maschinen benutzt werden kann.

Das Brennstoffzellenverbundsystem besteht aus mehreren einzelnen Brennstoffzellen, die in Reihe geschaltet sind. Jede dieser einzelnen Brennstoffzellen liefert den Nennstrom I_N des Brennstoffzellenverbundsystems, die Summe der Spannungen der einzelnen Brennstoffzellen ergibt die Nennspannung U_N des Brennstoffzellenverbundsystems. Die elektrische Energieerzeugung findet also in den einzelnen Brennstoffzellen durch eine elektrochemische Reaktion von z.B. Wasserstoff, wasserstoffhaltigem Gas, Methanol oder ähnlichem statt. Beim Betrieb kann es innerhalb einzelner Brennstoffzellen zum Ausfall der Wasserstoff- bzw. Sauerstoffversorgung kommen. Hierdurch verschieben sich je nach fehlendem Stoff die Spannungspotentiale der Anode oder der Kathode und die Spannung dieser einzelnen Brennstoffzelle driftet vom positiven in den negativen Bereich. Das bedeutet, daß sich diese Brennstoffzelle verpolt. Indem diese verpolte Brennstoffzelle mit den übrigen unverpolten Brennstoffzellen in Reihe geschaltet ist, wird der von den unverpolten Brennstoffzellen erzeugte Laststrom in die verpolte Brennstoffzelle eingeprägt. Die verpolte Brennstoffzelle wird dadurch zum Verbraucher und erwärmt sich aufgrund der in ihr abfallenden Verlustleistung. Dadurch kann die verpolte Brennstoffzelle zerstört werden. Je nach Wärmeentwicklung kann unter Umständen auch das gesamte Brennstoffzellenverbundsystem zerstört werden.

Um dies zu vermeiden, ist es bekannt, die Spannungen der einzelnen Brennstoffzellen zu erfassen. Wenn bezüglich einzelner Brennstoffzellen erkannt wird, daß die Spannung

zu stark abfällt oder sich bereits umpolt, wird die Zufuhr von Gas zu dem gesamten Brennstoffzellenverbundsystem unterbunden, um eine Zerstörung des Brennstoffzellenverbundsystems zu vermeiden.

Demgegenüber ist es die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bedarfsgerechte Maßnahmen vorzuschlagen, um im Fehlerfall einzelner Brennstoffzellen eine Zerstörung oder Beschädigung des Brennstoffzellenverbundsystems oder einzelner Zellen zu vermeiden.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß nach Anspruch 1 gelöst, wonach Bauelemente vorhanden sind, mittels denen die einzelnen Brennstoffzellen im Sinne einer niederohmigen Parallelschaltung überbrückbar sind.

Indem also einzelne defekte Brennstoffzellen überbrückbar sind, kann das Brennstoffzellenverbundsystem in Betrieb bleiben, indem die elektrische Energie von den verbleibenden Brennstoffzellen geliefert wird.

Bei der Ausgestaltung der Schaltungsanordnung nach Anspruch 2 sind die Bauelemente Dioden.

Dadurch kann eine selbsttätige Regelung erfolgen, indem die Dioden so ausgewählt werden, daß die Flußspannung der Dioden einen Wert hat, bei dem die einzelne Brennstoffzelle wegen einer Verpolung sinnvollerweise überbrückt werden sollte. Im Normalbetrieb der einzelnen Brennstoffzellen sind die Dioden in Sperrrichtung geschaltet.

Bei der Ausgestaltung der Schaltungsanordnung nach Anspruch 3 sind die Bauelemente steuerbare Schalter.

Durch die Verwendung steuerbarer Schalter läßt sich die Überbrückung der einzelnen Brennstoffzellen flexibler vornehmen. Beispielsweise können diese steuerbaren Schalter bereits angesteuert werden, wenn sich die Spannung der einzelnen Brennstoffzellen noch nicht umgepolt hat sondern unter einen bestimmten Schwellwert gesunken ist, der beispielsweise bei 0,5 V liegen kann.

Weiterhin ist es bei Verwendung steuerbarer Schalter möglich, bei Wartungsarbeiten durch eine Ansteuerung der steuerbaren Schalter eine Entladung des

Brennstoffzellenverbundsystems zu bewirken, so daß eine Gefährdung von Personen bei den durchzuführenden Wartungsarbeiten vermieden werden kann.

Bei der Ausgestaltung der Schaltungsanordnung nach Anspruch 4 sind die steuerbaren Schalter MOS-Feldeffekttransistoren.

Dadurch kann die Ansteuerung weitestgehend frei von Verlustleistungen auch bei vergleichsweise großen geschalteten Leistungen erfolgen.

Bei der Ausgestaltung der Schaltungsanordnung nach Anspruch 5 sind die Bauelemente außen am Brennstoffzellenverbundsystem angebracht.

Vorteilhaft ist es, wenn die Kontaktierung der Bauelemente eine große Fläche aufweist, um die Stromdichte und damit die lokale Wärmeentwicklung zu minimieren. Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn die Wärme einfach abgeführt werden kann.

Anspruch 5 beschreibt eine Schaltungsanordnung, die insbesondere der Anforderung an die Wärmeabfuhr vorteilhaft gerecht wird. Die Kontaktierung der Bauelemente kann zwischen den Graphitplatten erfolgen.

Bei der Ausgestaltung der Schaltungsanordnung nach Anspruch 6 sind die Bauelemente in das Brennstoffzellenverbundsystem integriert.

Dadurch vereinfacht sich der Herstellungsprozeß, weil die Bauelemente nicht als separate Bauteile vorhanden sein müssen. Weiterhin ist es dabei möglich, durch eine entsprechend geeignete Dimensionierung der Bauteile die Stromdichte zu begrenzen.

In vorteilhafter Ausgestaltung sind die Bauelemente gemäß der Schaltungsanordnung nach Anspruch 7 in den Rand des Brennstoffzellenverbundsystems integriert.

Dadurch wird vorteilhaft die Kontaktierung der Bauelemente vereinfacht, weil diese die Graphitplatten direkt berühren. Indem die Bauelemente in den Rand eingebracht sind, ist weiterhin eine gute Wärmeabfuhr gewährleistet.

Bei der Ausgestaltung der Schaltungsanordnung nach Anspruch 8 sind die Bauelemente über die Querschnittsfläche des Brennstoffzellenverbundsystems verteilt in das Brennstoffzellenverbundsystem integriert.

Dadurch bilden die Bauelemente keine zusätzlichen Bauteile mehr, so daß der Produktionsablauf vereinfacht wird.

Bei der Ausgestaltung der Schaltungsanordnung nach Anspruch 9 ist ein Kühlsystem in das Brennstoffzellenverbundsystem integriert.

Dadurch wird vorteilhaft die Verlustwärme abgeführt, die in den Bauelementen entsteht und die nicht unmittelbar an die Umgebung abgegeben werden kann.

Bei der Ausgestaltung einer Schaltungsanordnung nach Anspruch 10 erfolgt eine Ansteuerung des steuerbaren Schalters über den Ausgang eines Verstärkers bzw. Komparators, dessen Ausgang an den Steueranschluß des steuerbaren Schalters angeschlossen ist, dessen Eingang mit den Anschlüssen der einzelnen Brennstoffzelle verbunden ist, wobei die Energieversorgung des Verstärkers bzw. Komparators erfolgt, indem der Verstärker bzw. Komparator über Stromquellen bzw. Stromsenken an die Anschlußklemmen einer Batterieanordnung angeschlossen ist, wobei den Anschlüssen zur Energieversorgung weiterhin ein Potentialverschiebeelement parallelgeschaltet ist, wobei diesem Potentialverschiebeelement ein Spannungsteilungselement parallelgeschaltet ist, dessen Abgriff mit dem anderen Anschluß der einzelnen Brennstoffzelle verbunden ist.

Das Potentialverschiebeelement kann beispielsweise eine Zenerdiode sein. Das Spannungsteilungselement kann ein Potentiometer oder eine unterteilte Zenerdiode sein.

Dadurch wird es vorteilhaft möglich, durch eine interne Bezugsspannung des Verstärkers bzw. Komparators die Leistungsversorgung aus einer Batterieanordnung - beispielsweise auch aus dem Brennstoffzellenverbundsystem selbst - vorzunehmen. Durch diese Schaltungsanordnung werden die Probleme vermieden, die durch eine Potentialverschiebung abhängig davon auftreten, welche der einzelnen Brennstoffzellen untersucht werden soll. Weiterhin nehmen die Stromquellen eventuelle Betriebsspannungsschwankungen der Batterieanordnung auf.

Der steuerbare Schalter kann als MOS-Anreicherungs- oder Verarmungstransistor vom n- oder p-Kanal-Typ ausgebildet sein oder auch als Darlington-Bipolartransistor vom npn- oder pnp-Typ. Durch die Wahl des entsprechenden steuerbaren Schalters wird der Verstärker bzw. Komparator (invertierend / nicht invertierend) sowie die zweckmäßige Zuordnung des Betriebsspannungsbezugspunktes bestimmt.

Bei der Schaltungsanordnung nach Anspruch 11 ist insbesondere bei den Brennstoffzellen, die am Rand des Brennstoffzellensystems angeordnet sind, zwischen den einen Anschluß der einzelnen Brennstoffzelle und den Eingang des Verstärkers bzw. Komparators sowie zwischen den Abgriff des Spannungsteilungselementes und den anderen Anschluß der einzelnen Brennstoffzelle jeweils eine Potentialverschiebeschaltung angeordnet.

Dadurch kann vorteilhaft ein hinreichendes Spannungsniveau auch zur Überwachung der am Rand des Brennstoffzellensystems befindlichen einzelnen Brennstoffzellen erreicht werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der Schaltungsanordnung ist in Anspruch 12 beschrieben, nach dem zwischen den Ausgang des Komparators bzw. Verstärkers und den Steueranschluß des steuerbaren Schalters eine Potentialverschiebeschaltung eingebracht ist.

Weiterhin erweist es sich gemäß Anspruch 13 als vorteilhaft, die Schaltungsanordnung so auszubilden, daß die Spannungen der einzelnen Brennstoffzellen mittels eines Verstärkers bzw. Komparators bewertet werden, dessen Ausgang mit wenigstens einem Optokoppler verbunden ist, wobei die Steuerung des steuerbaren Bauelementes über den Optokoppler erfolgt.

Insbesondere bei der Überwachung von einzelnen Brennstoffzellen, die am Rand des Brennstoffzellenverbundsystems angeordnet sind, kann durch die Ausgestaltungen der Schaltungsanordnung nach Anspruch 12 oder 13 eine hinreichende Spannung zur Ansteuerung des steuerbaren Bauelementes erreicht werden.

Vorteilhaft kann die Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 14 als integrierte Schaltung ausgebildet sein.

Bei einem Verfahren zum Betreiben einer Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 15 werden die Brennstoffzellen überbrückt, wenn deren Spannung betragsmäßig unter einen bestimmten Schwellwert fällt oder wenn deren Spannung gegenüber dem Normalbetrieb das Vorzeichen geändert hat.

Dies kann durch eine geeignete Einstellung bzw. Dimensionierung der Schaltungsanordnung erfolgen.

Bei einem Verfahren zum Betreiben einer Schaltungsanordnung gemäß Anspruch 16 werden die steuerbaren Schalter angesteuert, wenn eine Entladung des Brennstoffzellenverbundsystems erfolgen soll.

Dadurch kann die Sicherheit von Personen beispielsweise bei Wartungsarbeiten an dem Brennstoffzellenverbundsystem gewährleistet werden, wenn das Brennstoffzellenverbundsystem vor der Durchführung der Wartungsarbeiten entladen wird.

Realisierungsmöglichkeiten von Potentialverschiebeelementen und Stromquellen bzw. Stromsenken sind in der Anmeldung derselben Anmelderin mit der internen Nummer 27908/4 beschrieben, die denselben Anmeldetag hat und auf deren Offenbarung zur Vermeidung von Wiederholungen ausdrücklich Bezug genommen wird.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung näher dargestellt. Es zeigt dabei im einzelnen:

- Fig. 1: ein Brennstoffzellenverbundsystem bestehend aus mehreren einzelnen Brennstoffzellen,
- Fig. 2: ein Brennstoffzellenverbundsystem bestehend aus mehreren Brennstoffzellen, von denen eine einen Defekt aufweist,
- Fig. 3: eine Schaltungsanordnung, bei der jeder einzelnen Brennstoffzelle ein Element parallel geschaltet ist, mit dem die jeweilige Brennstoffzelle niederohmig überbrückbar ist,
- Fig. 4 und 5: Ausführungsmöglichkeiten der Bauelemente,
- Fig. 6 bis 10: Anbringungsmöglichkeiten der Bauelemente am Brennstoffzellenverbundsystem,
- Fig. 11: ein Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung,
- Fig. 12-14: Signalverläufe der Schaltungsanordnung nach Figur 11,
- Fig. 15: ein weiteres Ausführungsbeispiel der Schaltungsanordnung,
- Fig. 16: ein Detail der Schaltungsanordnung,
- Fig. 17: ein weiteres Ausführungsbeispiel der Schaltungsanordnung,
- Fig. 18-20: Details der Schaltungsanordnung nach Figur 17.

Figur 1 zeigt die Darstellung eines Brennstoffzellenverbundsystems 1, das aus mehreren einzelnen Brennstoffzellen besteht, die mit den Ziffern 2 bis 7 numeriert sind. Jede der einzelnen Brennstoffzellen 2, 3, 4, 5, 6 und 7 liefert den Nennstrom I_N des

Brennstoffzellenverbundsystems 1. Wegen der Reihenschaltung der einzelnen Brennstoffzellen 2 bis 7 ergibt die Summe der Zellenspannungen der einzelnen Brennstoffzellen 2 bis 7 die Nennspannung U_N des Brennstoffzellenverbundsystems. Die elektrische Energieerzeugung findet in den einzelnen Brennstoffzellen 2, 3, 4, 5, 6 und 7 durch eine elektrochemische Reaktion von z.B. Wasserstoff, wasserstoffhaltigem Gas, Methanol etc. statt.

Figur 2 zeigt wiederum ein Brennstoffzellenverbundsystem 1, bei dem allerdings eine Brennstoffzelle 3 defekt ist. Beim Betrieb des Brennstoffzellenverbundsystems 1 kann es in manchen Fällen innerhalb einzelner Zellen 2, 3, 4, 5, 6, 7 zum Ausfall der Wasserstoff- bzw. Luftversorgung kommen. Hierdurch verschieben sich je nach fehlendem Stoff die Spannungspotentiale der Anode oder der Kathode. Die Spannung dieser einzelnen Brennstoffzelle 3 driftet vom positiven in den negativen Bereich. Die einzelne Brennstoffzelle 3 verpolt sich. Durch die Reihenschaltung dieser nun verpolten einzelnen Brennstoffzelle 3 mit den übrigen unverpolten einzelnen Brennstoffzellen 2, 4, 5, 6, 7 wird der von diesen erzeugte Laststrom in die verpolte Brennstoffzelle 3 eingepreßt. Die verpolte Brennstoffzelle 3 wird dadurch zum Verbraucher und erwärmt sich aufgrund der in ihr abfallenden Verlustleistung. Dies führt zur Zerstörung der verpolten Brennstoffzelle 3 und kann je nach Wärmeentwicklung auch das gesamte Brennstoffzellenverbundsystem 1 zerstören.

Um dies zu vermeiden, ist gemäß Figur 3 vorgesehen, daß die einzelnen Brennstoffzellen 2, 3, 4, 5, 6, 7 mittels jeweils eines Bauelementes 8 im Sinne einer niederohmigen Parallelschaltung überbrückbar sind. Wenn in dem gezeigten Ausführungsbeispiel die defekte Brennstoffzelle 3 durch das dieser Brennstoffzelle 3 zugeordnete Bauelement 8 überbrückt wird, fällt in der verpolten Brennstoffzelle 3 keine Verlustleistung mehr ab.

Entsprechend der Darstellung der Figur 4 können diese Bauelemente 8 antiparallel zur Laststromrichtung parallel zu den einzelnen Brennstoffzellen 2, 3, 4, 5, 6, 7 geschaltete Dioden 9 sein. Diese Dioden 9 werden jeweils dann leitend, wenn sich die Spannung der zugehörigen einzelnen Brennstoffzelle 2, 3, 4, 5, 6, 7 umgepolt hat. Diese Schaltungsanordnung ist selbststeuernd. Das heißt, die Diode übernimmt gemäß ihrer Kennlinie den Laststrom in Abhängigkeit von der Zellenspannung. Für Spannungen über der Diodenschwellspannung kann die Diode als durchgeschaltet betrachtet werden. Durch die Wahl einer geeigneten Diode kann die Flußspannung zwischen 0,2 V für Schottky-Dioden und 0,7 V für Silizium-Dioden liegen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel zeigt Figur 5, wonach zu jeder einzelnen Brennstoffzelle 2, 3, 4, 5, 6, 7 MOS-FETs 10 parallel geschaltet, deren Drain-Source Strecken den Laststrom übernehmen, falls die Ansteuerelektronik 11 eine zu geringe oder negative Spannung einer einzelnen Brennstoffzelle 2, 3, 4, 5, 6, 7 erfaßt. In Figur 5 sind die Signalpegel zu sehen, die von der Ansteuerelektronik 11 an die Gates der einzelnen MOS-FETs 10 ausgegeben werden. Das Gate des MOS-FET's 10, der der defekten Brennstoffzelle 3 zugeordnet ist, wird bei dem im Ausführungsbeispiel der Figur 5 verwendeten Transistortyp mit dem Pegel HIGH beaufschlagt, so daß der Laststrom von der Drain-Source Strecke dieses MOS-FET's 10 übernommen wird. Die Gates der anderen MOS-FET's 10, die den Brennstoffzellen 2, 4, 5, 6, 7 zugeordnet sind, werden bei dem im Ausführungsbeispiel der Figur 5 verwendeten Transistortyp mit dem Pegel LOW beaufschlagt, so daß diese MOS-FET's sperren.

Mit der Schaltungsanordnung nach Figur 5 wird ebenso eine definierte, sichere und zerstörungsfreie Entladung der einzelnen Brennstoffzellen 2, 3, 4, 5, 6, 7 ermöglicht. Hierdurch kann bei abgeschaltetem Brennstoffzellenverbundsystem 1 die Gesamtspannung des Brennstoffzellenverbundsystems 1 so niedrig gehalten werden, daß beispielsweise bei der Durchführung von Wartungsarbeiten keine Personen gefährdet werden.

Es kann also eine Schutzeinrichtung mit einem steuerbaren Leistungselement als Nebenweg parallel zur einzelnen Brennstoffzelle realisiert werden. Dieses steuerbare Leistungselement wird von einer Steuereinrichtung beeinflusst, die wiederum bestimmte Einschaltbedingungen hat. Neben der gerade beschriebenen Schutzfunktion kann eine weitere Einschaltbedingung aus einem Spannungssignal der einzelnen Brennstoffzelle abgeleitet werden. Diese Spannung der einzelnen Brennstoffzelle liegt bei etwa 1 V im Normalbetrieb der Zelle mit einem stetigen Wechsel auf einen negativen Wert in der Größenordnung von -0,5 V bei Verpolung der einzelnen Brennstoffzelle.

Die Bauelemente sollen entweder außen am Brennstoffzellenverbundsystem angebracht oder in das Brennstoffzellenverbundsystem integriert werden. Dazu ist es notwendig, gegenüber den bisher bekannten Brennstoffzellenverbundsystemen konstruktive Änderungen an den Graphitplatten vorzunehmen. Für die Integration der Bauelemente in das Brennstoffzellenverbundsystem müssen entsprechende Öffnungen vorgesehen werden, deren Positionen so gewählt werden müssen, daß einerseits eine gleichmäßige Verteilung der Stromdichte über die Zellenfläche als auch eine entsprechende Abführung der entstehenden Verlustleistungswärme gewährleistet ist.

Die Figuren 6 und 7 zeigen mögliche Lösungen für die Integration der Bauelemente in das Brennstoffzellenverbundsystem. Figur 6 zeigt ein Brennstoffzellenverbundsystem 1 in Seitenansicht, wobei die Graphitplatten 12 seitlich so vergrößert sind, daß genügend Platz für die Bauelemente 8 vorhanden ist. Der gesamte Laststrom kann ohne Leistungseinbuße durch den zusätzlichen Querschnitt fließen. Figur 7 zeigt einen Schnitt durch das Brennstoffzellenverbundsystem entsprechend der Darstellung der Figur 6. Es ist die MEA zu sehen, die in der Darstellung der Figur 6 mit der Bezugsziffer 13 versehen ist, an deren äußeren Rand die Bauelemente 8 angeordnet sind. Dadurch ist sichergestellt, daß die Verlustwärme an die Umgebung abgeführt werden kann. Es zeigt sich bei der Ausgestaltung entsprechend den Figuren 6 und 7, daß eine einfache Kontaktierung der Bauelemente 8 mit den Graphitplatten 12 möglich wird, weil diese unmittelbar aufeinander liegen.

Eine weitere Möglichkeit der Anbringung der Bauelemente 8 zeigt Figur 8. Hier sind die Bauelemente 8 außen an dem Brennstoffzellenverbundsystem 1 angeordnet. Die elektrischen Anschlüsse der Bauelemente 8 werden hier zwischen die Graphitplatten 12 eingefügt.

Eine weitere Möglichkeit zeigt Figur 9, bei der die Bauelemente 8 gegenüber der Anordnung nach den Figuren 6 und 7 nach innen versetzt sind. Es hat sich insbesondere bei dieser Ausgestaltung als vorteilhaft erwiesen, zusätzliche Kühlkanäle 14 vorzusehen, um eine verbesserte Wärmeabfuhr zu erreichen.

Figur 10 zeigt eine weitere Möglichkeit der Integration der Bauelemente 8 in das Brennstoffzellenverbundsystem 1. Hierbei ist die MEA 13 so aufgebaut, daß sie zusammen mit den Bauelementen 8 eine Einheit bildet. Hierbei zeigen sich nicht nur die Vorteile bei der elektrischen Kontaktierung wie diese auch bereits mit den Anordnungen nach den Figuren 6, 7 und 9 erreicht wurde. Zusätzlich läßt sich bei der Ausgestaltung nach Figur 10 noch der Produktionsablauf vereinfachen, weil die Bauelemente 8 nicht mehr als separate Bauteile ausgebildet werden müssen.

Ein weiteres Problem besteht darin, daß für die Schutzschaltungsanordnung jeder einzelnen Brennstoffzelle ein eigenes Bezugspotential zu wählen ist, was z.B. eine jeweils getrennte Stromversorgung der Steuereinheit bedingt. Es ist aber andererseits sinnvoll, die Stromversorgung aller Steuereinheiten der Brennstoffzelle selbst zu entnehmen, wobei mögliche Betriebsspannungsschwankungen ausgeglichen werden sollen.

Dieses Problem kann dadurch gelöst werden, daß die Spannung der einzelnen Brennstoffzellen einem Verstärker bzw. Komparator zugeführt wird, der einen steuerbaren Schalter steuert. Anstelle eines steuerbaren Schalters können auch mehrere parallel liegende steuerbare Schalter gesteuert werden. Dadurch verringert sich nochmals der ohmsche Widerstand.

Eine spezielle Schaltungsauslegung sichert, daß der Einschaltzeitpunkt des steuerbaren Schalters innerhalb des Spannungsbereiches der Spannung der einzelnen Brennstoffzelle beliebig einstellbar ist.

Die Veränderung des Einschaltzeitpunktes wird durch eine zusätzliche (veränderbare) Hilfsspannung in Reihe zum Meßsignal der einzelnen Brennstoffzelle erreicht. Die Hilfsspannung ergibt sich durch Aufspaltung des virtuellen Massepunktes der Verstärker/Komparator-Schaltung und des Massepunktes der Spannungsversorgung des Verstärkers. Die Verstärkerbetriebsspannung wird als Spannung über zwei Zener-Diode (mit parallelliegendem Potentiometer) gewonnen, die über Stromquellen/Stromsenken an die Außenanschlüsse des Brennstoffzellenverbundsystems bzw. einer Hilfsbatterie angeschlossen sind. Die Stromquellen nehmen die restlichen Spannungsabfälle und so auch Betriebsspannungsschwankungen auf.

Figur 11 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel einer derartigen Schaltungsanordnung. Der Verstärker/Komparator V wird durch die beiden Stromquellen I_{Q1} , I_{Q2} (gleiche Größenordnung) potentialmäßig schwebend gespeist und seine Versorgungsspannung durch ein Potentialverschiebeelement S_c (beispielsweise zwei Zenerdioden), das eine Stabilisierung der Spannung bewirkt, auf $U_Z = 2U_B$ eingestellt. Der Abgriff P stellt das Bezugspotential ϕ_0 der Schaltung dar. Dieser Abgriff P ist gleichzeitig mit einem der beiden Pole der zu schützenden einzelnen Brennstoffzelle verbunden. Dieser einzelnen Brennstoffzelle parallel liegt das Leistungsschutzelement T, zweckmäßig ein Feldeffekt- oder Darlington-Bipolartransistor.

Der Verstärker hat die virtuelle Masse M auf genau der halben Betriebsspannung. Zwischen Potentiometerabgriff P und virtueller Masse M entsteht die Hilfsspannung ($U_2 = k' 2U_B$):

$$U_H = U_B - U_2, \implies -U_B \leq U_H \leq U_B,$$

so daß M das Potential $\phi_c = \phi_0 - U_H$ besitzt.

Der Verstärker/Komparator V (mit der Eingangsspannung U_e) ist eingangsseitig an die einzelne Brennstoffzelle (Anschluß B') geschaltet und es gilt:

$$U_e = \phi_a - \phi_c = \phi_a - \phi_0 + U_H = U_Q + U_H.$$

U_Q ist die Zellenspannung der Batterie im Umkehrzustand >0 . Hat der Verstärker/Komparator die Übertragungscharakteristik $U_a = kU_e$ für die Ausgangsspannung U_a ($k>0$: nichtinvertierend; $k<0$: invertierend; entsprechend den Darstellung in den Figuren 12 und 13), so beträgt das Ausgangspotential:

$$\phi_d = U_a + \phi_c = kU_e + \phi_0 - U_H.$$

Im Komparator- bzw. Sättigungsbetrieb erreicht kU_e maximal die Werte $+U_B$ bzw. $-U_B$. Damit steht als Steuersignal für den Leistungsschalter die Spannung

$$\phi_d - \phi_0 = U_{GS} = +U_B \text{ (bzw. } -U_B) - U_H$$

zur Verfügung, die je nach Auslegung maximal zwischen $-2U_B \leq U_{GS} \leq 2U_B$ liegen kann. Da die Komparatorschaltung (bzw. Verstärkeranordnung) bei $U_e = 0$ (das heißt bei $\phi_0 - \phi_a = U_H$) umschaltet und $(\phi_a - \phi_0)$ durch den jeweiligen Zustand der einzelnen Brennstoffzellen gegeben ist (dabei bedeutet: $(\phi_a - \phi_0) < 0$: Normalbetrieb; $(\phi_a - \phi_0) > 0$: Umkehrbetrieb, Gefährdung der Zelle), kann der Umschaltpunkt durch die Wahl von $U_H = U_B - U_2$ (größer, gleich oder kleiner als 0) und somit durch das Spannungsteilungselement (Potentiometer R_p) beliebig eingestellt werden.

Als steuerbarer Schalter T kann zweckmäßigerweise ein MOS-Leistungs-FET verwendet werden, der der einzelnen Brennstoffzelle mit seiner Source-Drain-Strecke so parallelgeschaltet wird, daß es bei Sperrung der Zelle im Widerstands- bzw. Sättigungsbetrieb arbeitet (Zellensperrschaltung). Grundsätzlich ist auch ein entsprechender Betrieb an der flußgepolten Einzelzelle möglich, doch sollte die Zellensperrschaltung vorgezogen werden.

Ohne Anliegen des Steuersignales U_{GS} (genau genommen also für $U_{GS} < U_{TH}$, U_{TH} Schwellspannung des n-Kanal-Anreicherungs-transistors) wird der n-Kanal Transistor nach Figur 12:

- ausgeschaltet beim Anreicherungs-FET und
- eingeschaltet beim Verarmungs-FET.

Sinngemäß kann die Schutzschaltung gemäß Figur 13 auch für einen Komplementär-Leistungsschalter ausgelegt werden.

Im ausgeschalteten Zustand fließt durch die Source-Drain-Strecke des Feldeffekttransistors gemäß Figur 11 nur ein vernachlässigbarer Reststrom, was sich

aus der Darstellung in Figur 14 ergibt. Im eingeschalteten Zustand beträgt der Widerstand (im Betriebsmodus Widerstandsbereich) etwa:

$$R = k / (U_{GS} - U_{TH}).$$

Dabei liegt die Spannung U_{DS} unter der Sättigungsspannung U_{DSP} , die bei Leistungstristoren etwa zwischen 0,1 und 2 V liegt. Es gibt keine Schwellspannung U_F in der $I_D - U_{DS}$ -Kennlinie, wie dies etwa bei einer Halbleiterdiode der Fall ist, bei der die Schwellspannung U_F etwa 0,7 V beträgt. Durch die Steuerspannung U_{GS} läßt sich der Einschaltwiderstand R stufenlos zwischen ∞ (Transistor ausgeschaltet) und einem Minimalwert (transistorgegeben) steuern.

Der einstellbare Widerstand R richtet sich nach dem erforderlichen Maximalstrom durch die Zelle im Sperrzustand, er kann gegebenenfalls durch die Parallelschaltung mehrerer Transistoren verkleinert werden und wird vom benutzten Transistortyp bestimmt.

Soll beispielsweise als steuerbarer Schalter ein n-Kanal-Anreicherungs-transistor dienen, der bei Spannungsumkehr der Einzelzelle umschaltet (also für die Bedingung $\phi_a > \phi_0$), so muß wegen $U_{GS} > 0$ das Gatepotential ϕ_d gegenüber ϕ_0 ansteigen, um den Transistor einzuschalten. Da in diesem Fall das Ausgangspotential den Wert $\phi_d = U_B - U_H + \phi_0$ (bei nichtinvertierendem Verstärker/Komparator) hat, wird der Transistor eingeschaltet. An einem Umkehrkomparator würde hingegen $\phi_d = -U_B - U_H + \phi_0$ auftreten und der Transistor wird ausgeschaltet.

Genaugenommen lautet die Einschaltbedingung durch die Transistorschwellspannung U_{TH} (>0 , n-Kanal-Anreicherungs-transistor) $U_{GS} - U_{TH} > 0$, d.h. $U_{GS} > U_{TH}$. Umgekehrt würde ein Verarmungs-n-Kanal-Transistor im ersten Fall ausgeschaltet, im zweiten eingeschaltet.

Ohne Einschränkung der Allgemeinheit kann als Bezugspotential ϕ_0 auch der Minuspol B' der einzelnen Brennstoffzelle gewählt werden. Dann sind die Steuerbedingungen des steuerbaren Schalters entsprechend zu modifizieren.

Bei Verwendung eines Feldeffekttransistors sollte der Bulkanschluß so (negativ) vorgespannt werden, daß die Substratdiode sowohl im Vorwärts- wie auch im Rückwärtsbetrieb des Transistors gesperrt bleibt.

Ist kein Bulkanschluß vorhanden, so müssen Drain und Source vertauscht werden, also genau umgekehrt zu der in Figur 11 gezeigten Schaltungsanordnung. Dadurch befindet sich die Substratdiode im nicht-verpolteten Feld (Normalzustand) im gesperrten Zustand.

Als steuerbarer Schalter kann auch ein Darlington-Bipolartransistor dienen. Dabei sind für einen npn-Transistor die Anschlußpunkte B' = Kollektor, A' = Emitter zu wählen und die Steuerspannung U_{BE} hat sinngemäß das gleiche Vorzeichen wie U_{GS} .

Der Darlingtontransistor bietet gegenüber dem gewöhnlichen Bipolarleistungstransistor den großen Vorteil des deutlich geringeren Steuerstromes (im mA-Bereich). Wegen des großen erforderlichen Ausgangsstromes im Bereich zwischen 50A und 100A wären sonst Steuerströme im A-Bereich erforderlich, die die Schutzschaltung nicht aufbringen kann.

Für die Stromquellen/Stromsenken I_{Q1} , I_{Q2} gibt es verschiedene Realisierungen, auf die hier nicht weiter eingegangen wird. Als Potentialverschiebeelemente können beispielsweise eine oder mehrere reihengeschaltete Zenerdioden verwendet werden.

Weiterhin muß dafür gesorgt werden, daß über den Stromquellen ein ausreichender Spannungsabfall auftritt. Das kann insbesondere bei der Verarbeitung von Signalen der Randzellen des Brennstoffzellenverbundsystems problematisch sein. Während die Stromversorgung des Verstärkers/Komparators über Stromquellen aus dem Brennstoffzellenverbundsystem stets möglich ist, wenn die zu schützende einzelne Brennstoffzelle im mittleren Teil des Brennstoffzellenverbundsystems liegt, können bei einer einzelnen Brennstoffzelle, die sich im Randbereich des Brennstoffzellenverbundsystems befindet, Probleme auftreten. Es kann dann passieren, daß für eine der beiden Stromquellen kein hinreichender Spannungsabfall mehr zur Verfügung steht.

Bei Verwendung einer Schaltung nach dem Ausführungsbeispiel nach Figur 15 ergeben sich folgende Steuerungsbedingungen. Das Potential ϕ_a des Batteriepol B', der das Meßsignal liefert, wird mit einer Potentialverschiebeschaltung (U_{V1} , I_{Q3}) um die Spannung U_{V1} auf

$$\phi_a' = \phi_a - U_{V1}$$

verschoben. Dasselbe gilt für den Ausgangsmassepunkt P, dessen Potential mit der Potentialverschiebeschaltung U_{V2} , I_{Q4} zwischen den Punkten A, B des Brennstoffzellenverbundsystems auf

$$\phi_0' = \phi_0 - U_{V2}$$

verschoben wird.

Dann hat die virtuelle Masse M das Potential $\phi_c' = \phi_0' - U_H$, wobei gilt $U_H = U_B - U_2$.
Am Verstärkereingang liegt das Steuersignal

$$U_e = \phi_a' - \phi_c' = \phi_a - U_{V1} - \phi_0 + U_{V2} + U_H = \phi_a - \phi_0 + U_H, \text{ mit } U_{V1} = U_{V2}.$$

Die Hilfsspannung kann jetzt zusätzlich noch durch U_{V1} oder U_{V2} modifiziert werden.
Das Ausgangspotential beträgt:

$$\phi_d' = U_a + \phi_c' = kU_e + \phi_c' \Rightarrow +U_B + \phi_c' \text{ bzw. } -U_B + \phi_c'.$$

Die Steuerspannung des steuerbaren Schalters T (n-Kanal-Anreicherungs-FET) beträgt:

$$U_{GS} = \phi_d' - \phi_0 = U_a + \phi_c' - \phi_0 = +U_B \text{ (bzw. } -U_B) + U_a - U_{V2} - U_H.$$

Für die Einschaltspannung ist wieder die Spannung $U_{GS} - U_{TH}$ maßgebend. Die Verschiebespannung U_V sollte in der Größenordnung der Versorgungsspannung U_B liegen.

Die Schaltung nach Figur 15 kann ausgelegt werden für steuerbare Schalter wie beispielsweise n-/oder p-Kanal Verarmungs-/Anreicherungs-MOSFET, npn-Darlingtontransistor, die dazu komplementären Transistortypen, für die am unteren Ende (bei B-) liegenden letzten einzelnen Brennstoffzellen oder auch für die Wahl von B' statt A' als gemeinsames Bezugspotential ϕ_0 .

Eine weitere Ausgestaltung des Ausgangskreises ergibt sich gemäß Figur 16, wonach der Verstärkerausgang auf eine Spannungsrückverschiebeschaltung bestehend aus den beiden Stromquellen I_{Q5} , I_{Q6} und dem Verschiebeelement U_{V3} arbeitet, wobei die beiden Stromquellen I_{Q5} und I_{Q6} möglichst gleich sind. Die Steuerspannung beträgt:

$$U_{GS} = \phi_a - \phi_0 = \phi_d' + U_{V3} - \phi_0 = +U_B \text{ (bzw. } -U_B) + U_{V3} - U_{V2} - U_H$$

mit dem Sonderfall $U_{V3} = U_{V2}$.

Die Stromquelle I_{Q5} sollte dabei eine möglichst geringe Compliance-Spannung haben (unter der Schwellspannung von T), was z.B. mit einem Verarmungs-Feldeffekttransistor hinreichend gut realisierbar ist.

Eine weitere Ausgestaltung der Schaltungsanordnung ergibt sich gemäß Figur 17, wonach vom Ausgang des Verstärkers ein oder mehrere reihengeschaltete Optokoppler angeschaltet werden, deren Ausgangsleerlaufspannungen reihengeschaltet sind, entsprechend den Darstellungen in den Figuren 18 bis 20. Die Zahl der Optokoppler

wird durch die erforderliche Einschaltspannung des steuerbaren Schalters T bestimmt. Die Ausgangsleerlaufspannung eines Kopplers liegt bei etwa 1V.

Der Optokoppler kann zwischen Verstärkerausgang und virtuellem Massepunkt M bzw. Punkt P geschaltet werden, ebenso ist bei positiver Verstärkerausgangsspannung U_A die Flußpolung des Optokopplers möglich. Ebenso ist eine Sperrpolung möglich.

Die Ausgangsschaltung mit Optokopplern nach Figur 17 kann auch auf andere Ausführungsbeispiele von Schaltungsanordnungen angewendet werden (Figuren 11 und 15). Dabei kann auf eine Spannungsrückverschiebeschaltung U_{V3} , U_{Q5} , U_{Q6} verzichtet werden.

Die Schaltungsanordnung nach Figur 17 eignet sich wegen des größeren Ausgangsstromes des Optokopplers (einige mA) besonders für Darlington-Leistungsschalter.

Die Schaltungsanordnung nach Figur 17 ist auch für die steuerbaren Schalter und übrigen Einsatzbedingungen verwendbar, die im Zusammenhang mit den Figuren 11 und 15 erläutert wurden.

Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung für ein Brennstoffzellenverbundsystem (1), das aus mehreren einzelnen in Reihe geschalteten einzelnen Brennstoffzellen (2, 3, 4, 5, 6, 7) besteht, wobei eine Spannungsüberwachung der einzelnen Brennstoffzellen (2, 3, 4, 5, 6, 7) erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß Bauelemente (8, 9, 10, T) vorhanden sind, mittels denen die einzelnen Brennstoffzellen (2, 3, 4, 5, 6, 7) im Sinne einer niederohmigen Parallelschaltung überbrückbar sind.
2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (8) Dioden (9) sind.
3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (8) steuerbare Schalter (10, T) sind.
4. Schaltungsanordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die steuerbaren Schalter (10, T) MOS-Feldeffekttransistoren sind.
5. Schaltungsanordnung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (8, 9, 10, T) außen am Brennstoffzellenverbundsystem (1) angebracht sind.
6. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (8, 9, 10, T) in das Brennstoffzellenverbundsystem (1) integriert sind.
7. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (8, 9, 10, T) in den Rand des Brennstoffzellenverbundsystems (1) integriert sind.
8. Schaltungsanordnung nach Anspruch 6,

- dadurch gekennzeichnet, daß die Bauelemente (8, 9, 10, T) über die Querschnittsfläche des Brennstoffzellenverbundsystems (1) verteilt in das Brennstoffzellenverbundsystem (1) integriert sind.
9. Schaltungsanordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß ein Kühlsystem (14) in das Brennstoffzellenverbundsystem (1) integriert ist.
10. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Ansteuerung des steuerbaren Schalters (T) erfolgt über den Ausgang eines Verstärkers bzw. Komparators (V), dessen Ausgang an den Steueranschluß (G) des steuerbaren Schalters (T) angeschlossen ist, dessen Eingang mit dem einen Anschluß (B') der einzelnen Brennstoffzelle verbunden ist, wobei die Energieversorgung des Verstärkers bzw. Komparators (V) erfolgt, indem der Verstärker bzw. Komparator (V) über Stromquellen bzw. Stromsenken (I_{Q1} , I_{Q2}) an die Anschlußklemmen einer Battericanordnung angeschlossen ist, wobei den Anschlüssen zur Energieversorgung weiterhin eine Potentialverschiebeelement parallelgeschaltet ist, wobei diesem Potentialverschiebeelement ein Spannungsteilungselement (R_p) parallelgeschaltet ist, dessen Abgriff mit dem anderen Anschluß (A') der einzelnen Brennstoffzelle verbunden ist.
11. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß insbesondere bei den Brennstoffzellen, die am Rand des Brennstoffzellenverbundsystems (1) angeordnet sind zwischen den einen Anschluß (B') der einzelnen Brennstoffzelle und den Eingang des Verstärkers bzw. Komparators (V) sowie zwischen den Abgriff des Spannungsteilungselementes (R_p) und den anderen Anschluß (A') der einzelnen Brennstoffzelle jeweils eine Potentialverschiebeschaltung (U_{V1} , U_{V2}) angeordnet ist.
12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen den Ausgang des Komparators bzw. Verstärkers (V) und den Steueranschluß (T) des steuerbaren Schalters eine Potentialverschiebeschaltung (U_{V3}) eingebracht ist.
13. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannungen der einzelnen Brennstoffzellen mittels eines Verstärkers bzw. Komparators (V) bewertet werden, dessen Ausgang mit

wenigstens einem Optokoppler verbunden ist, wobei die Steuerung des steuerbaren Bauelementes (T) über den Optokoppler erfolgt.

14. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß die Schaltungsanordnung durch eine oder mehrere integrierte Schaltungengebildet wird.
15. Verfahren zum Betreiben einer Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzellen (2, 3, 4, 5, 6, 7) überbrückt werden, wenn deren Spannung betragsmäßig unter einen bestimmten Schwellwert fällt oder wenn deren Spannung gegenüber dem Normalbetrieb das Vorzeichen geändert hat.
16. Verfahren zum Betreiben einer Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 3 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, daß die steuerbaren Schalter (10, T) angesteuert werden, wenn eine Entladung des Brennstoffzellenverbundsystems (1) erfolgen soll.

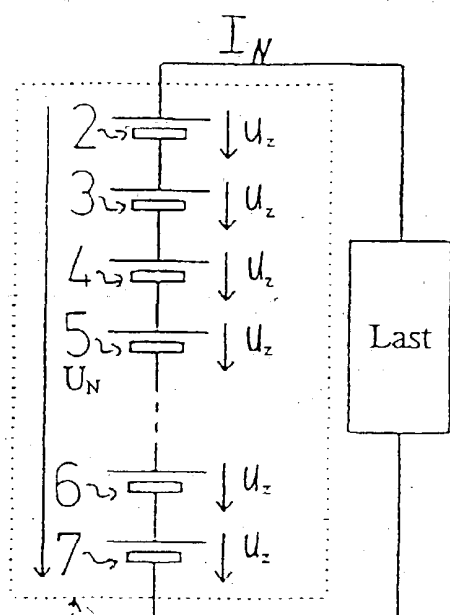


Fig. 1

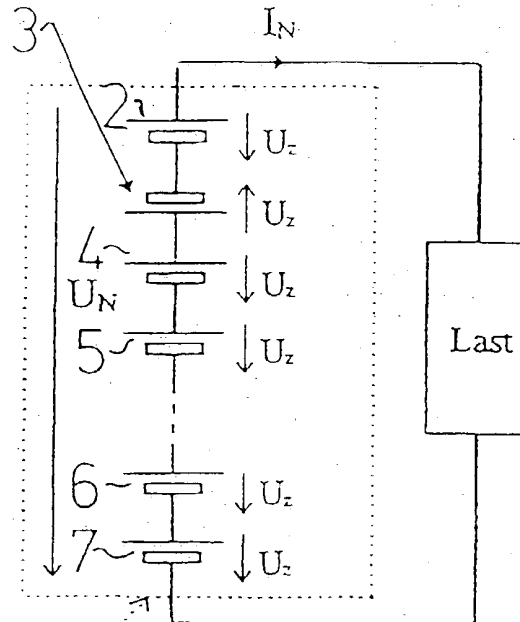


Fig. 2

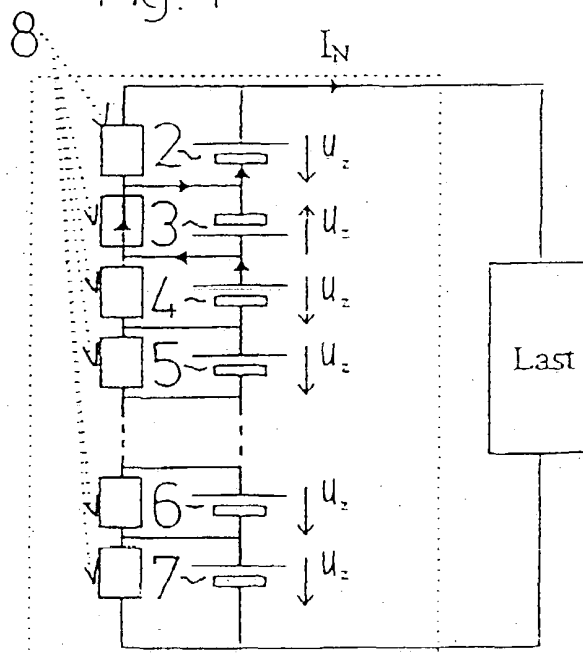


Fig. 3

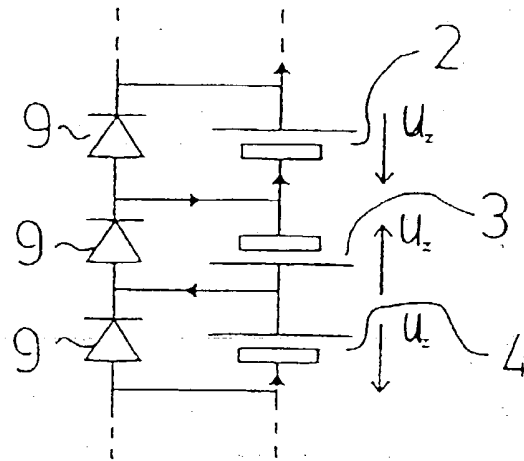


Fig. 4

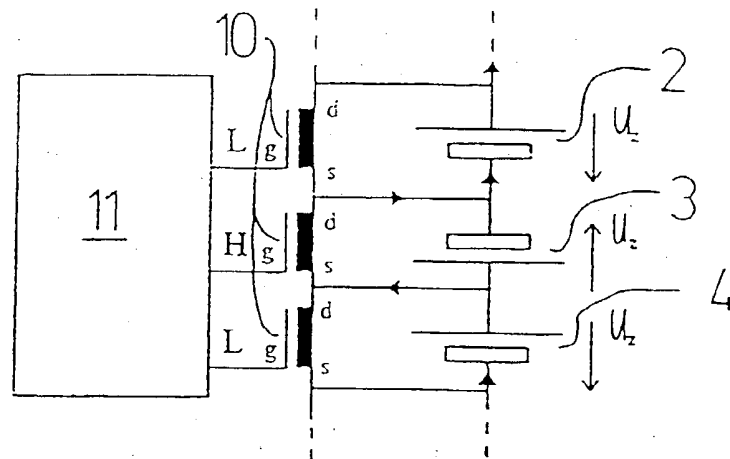
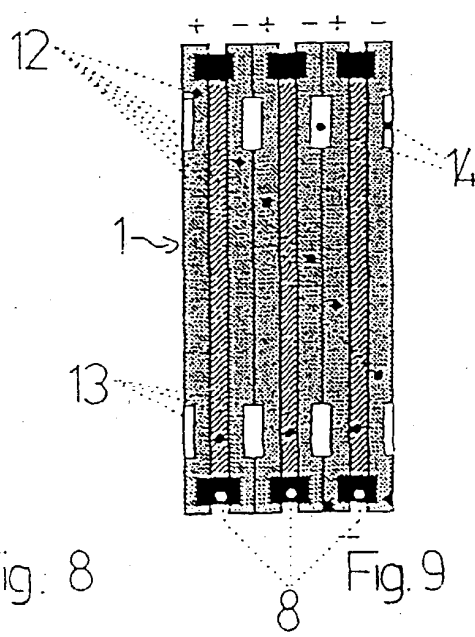
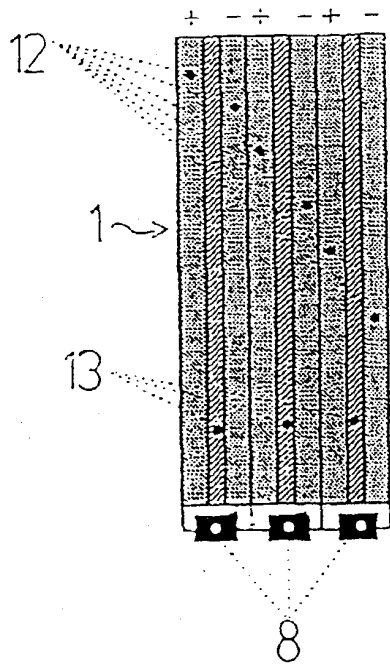
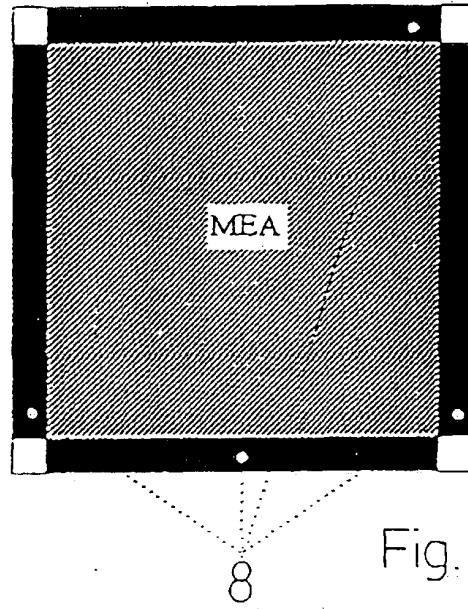
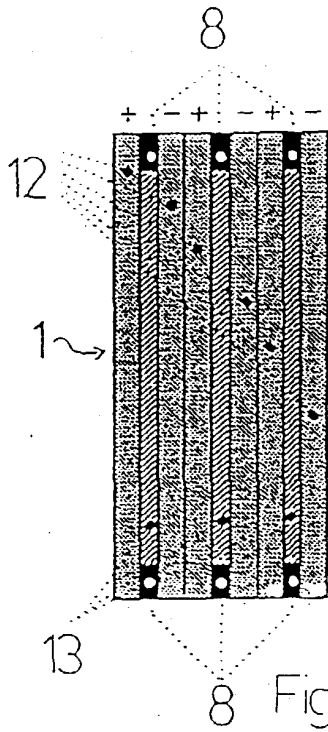


Fig. 5



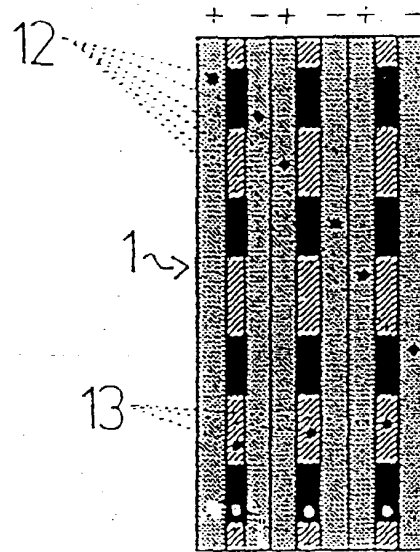


Fig. 10

8

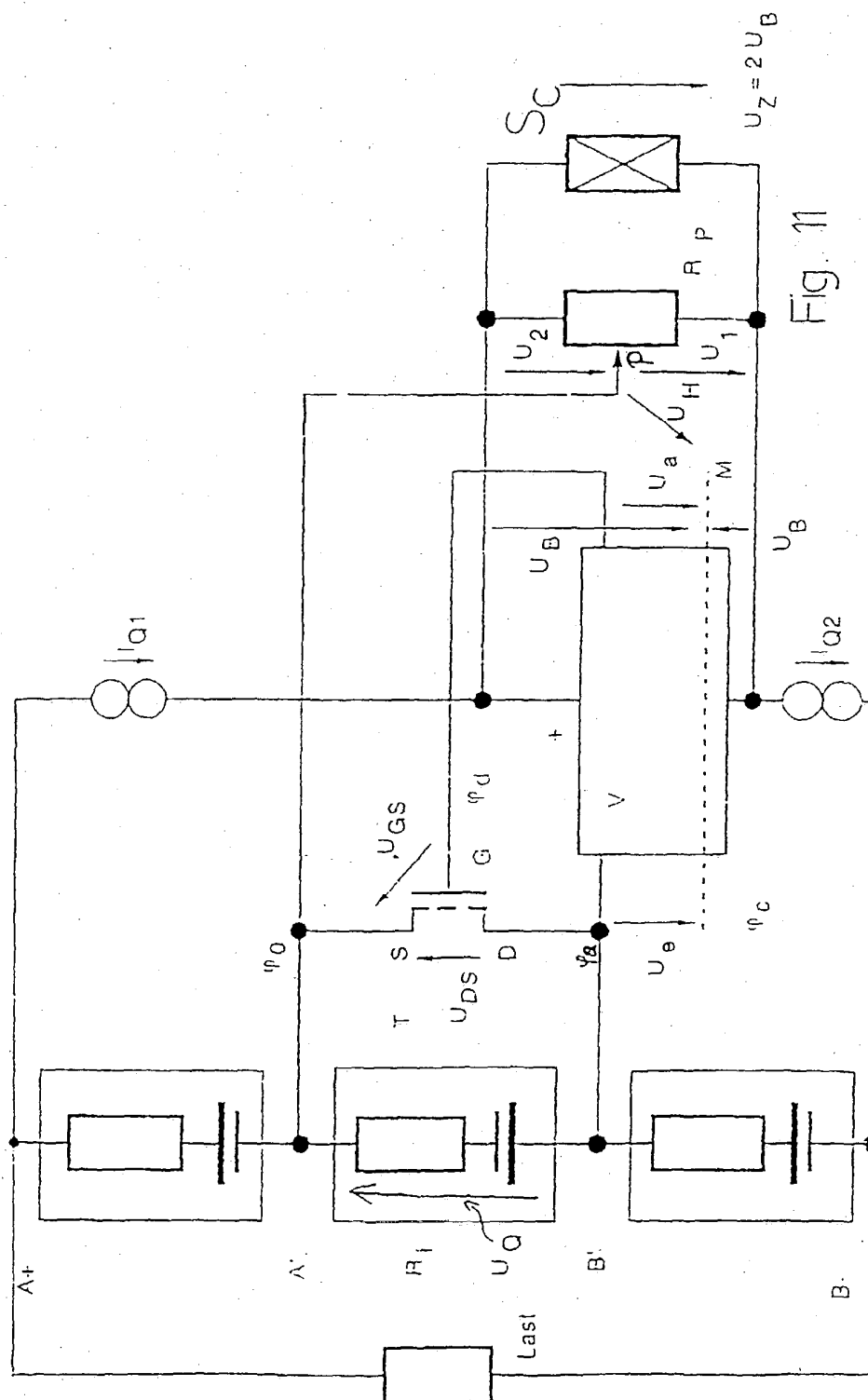


Fig. 11

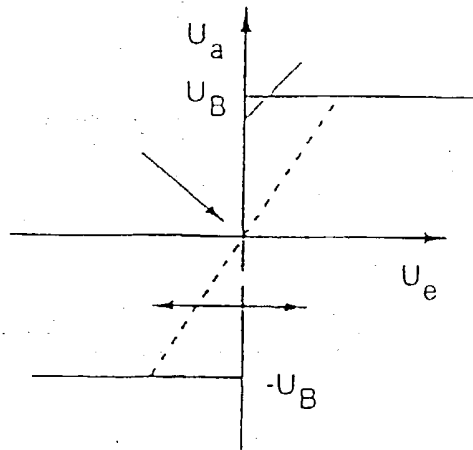


Fig. 12

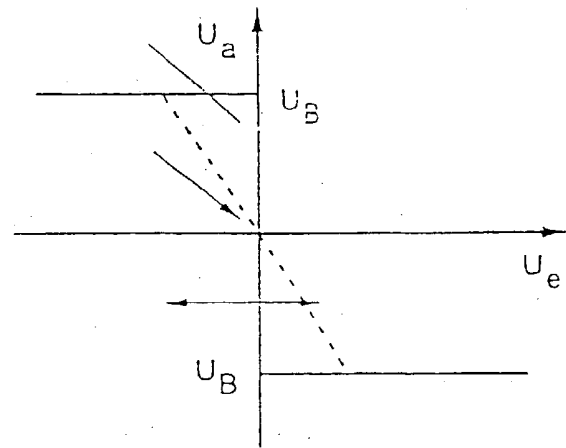


Fig. 13

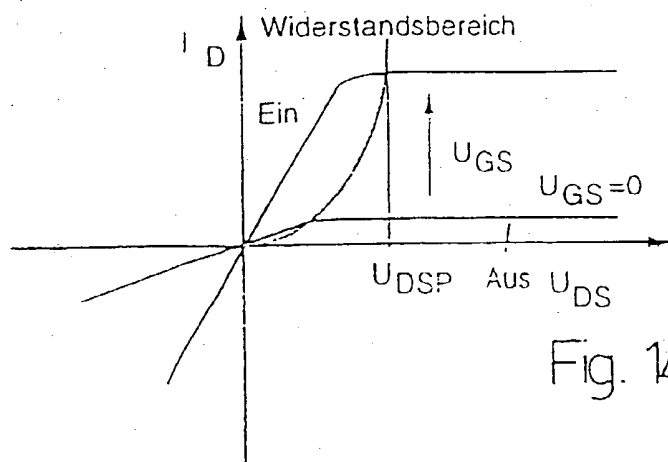


Fig. 14

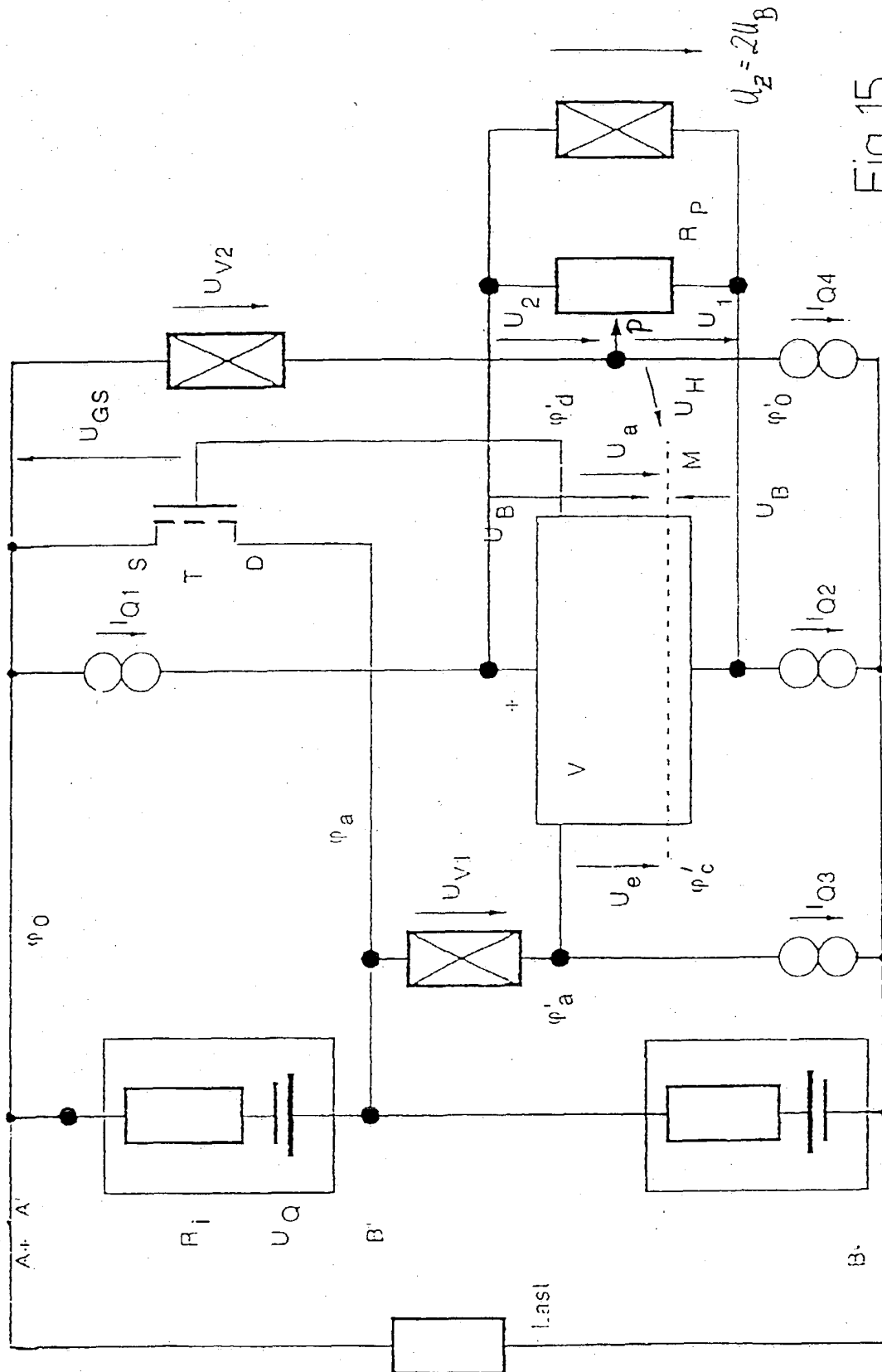


Fig.15

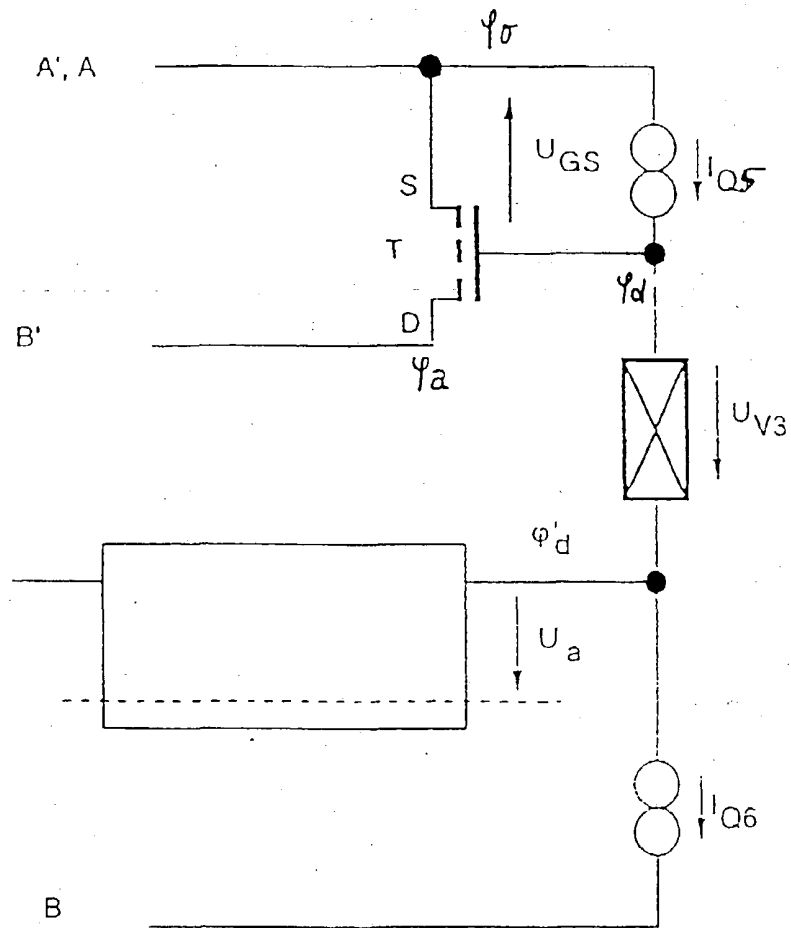
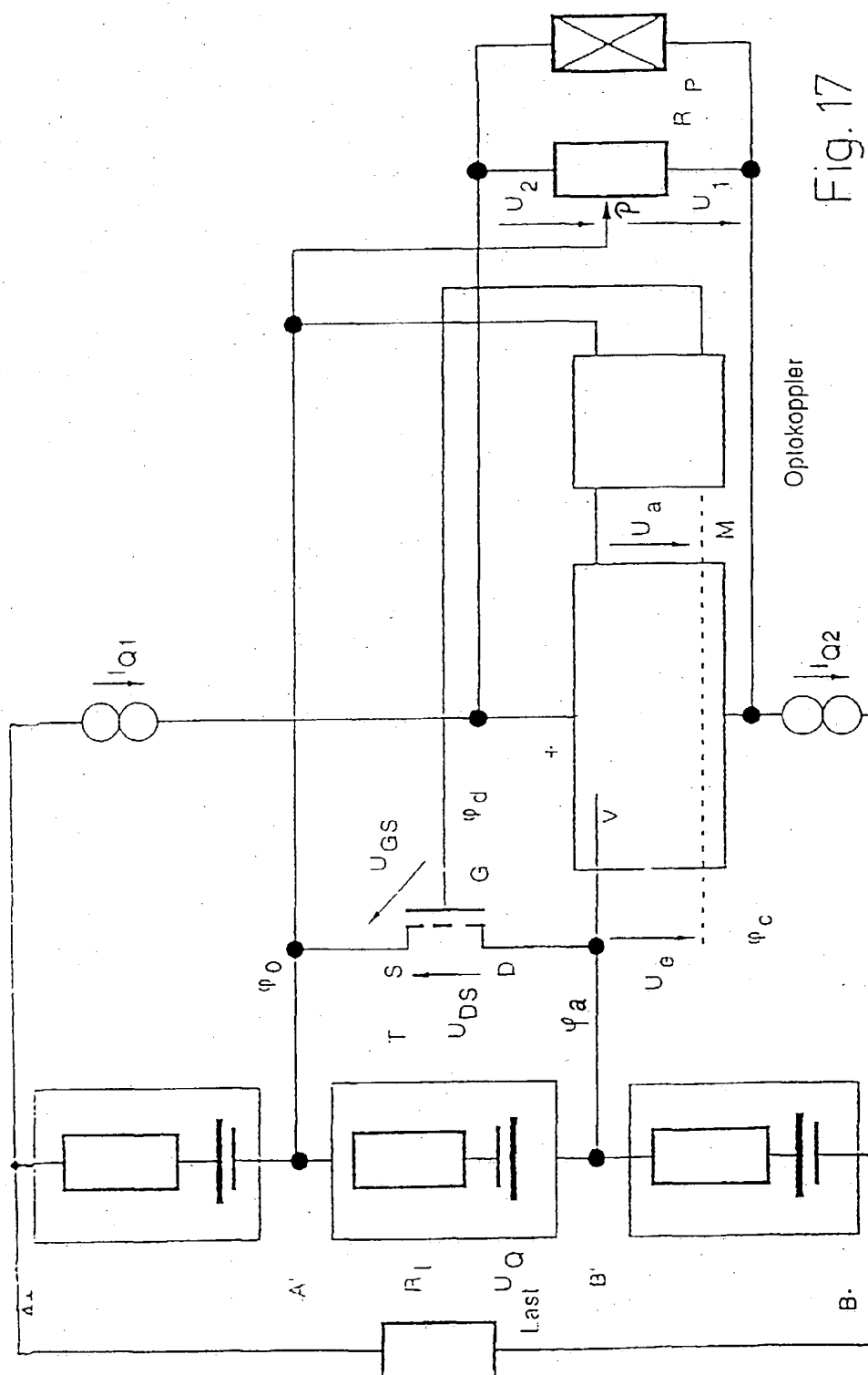


Fig.16



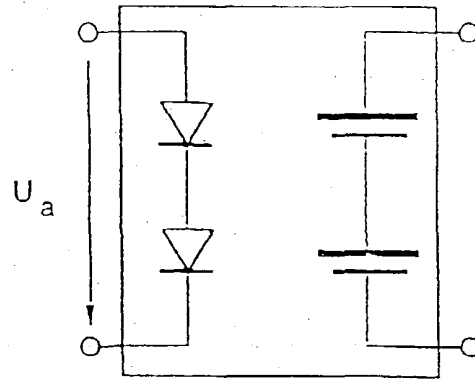


Fig. 18

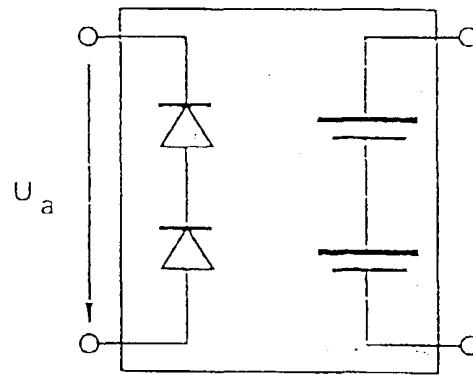


Fig. 19

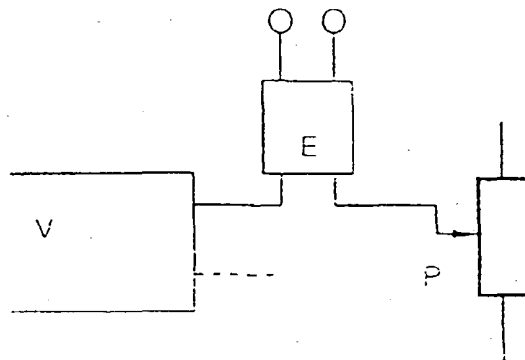


Fig. 20

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 99/03168

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 6 H02J7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 6 H02J H01M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| Y | GB 2 129 237 A (WESTINGHOUSE ELECTRIC CORP) 10 May 1984 (1984-05-10) the whole document --- | 1-4, 15 |
| Y | EP 0 226 360 A (POWERPLEX TECHN INC) 24 June 1987 (1987-06-24) the whole document --- | 1, 2, 15 |
| Y | US 5 683 827 A (YU HO-YUAN) 4 November 1997 (1997-11-04) the whole document --- | 1, 3, 4 |
| A | DE 195 26 836 A (FRAUNHOFER GES FORSCHUNG) 23 January 1997 (1997-01-23) the whole document --- | 1-16 |
| | --- -/- | |

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 August 1999

Date of mailing of the international search report

03/09/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Moyle, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/EP 99/03168

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| A | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 006, 28 June 1996 (1996-06-28) & JP 08 050902 A (FUJI ELECTRIC CO LTD), 20 February 1996 (1996-02-20) abstract --- | 1-16 |
| A | US 5 156 928 A (TAKABAYASHI YASUHIRO) 20 October 1992 (1992-10-20) the whole document ----- | 1-16 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 99/03168

| Patent document cited in search report | Publication date | Patent family member(s) | Publication date |
|---|---------------------|---|--|
| GB 2129237 A | 10-05-1984 | DE 3321421 A FR 2535117 A JP 59075570 A | 26-04-1984 27-04-1984 28-04-1984 |
| EP 0226360 A | 24-06-1987 | US 4719401 A CA 1266298 A JP 62221826 A | 12-01-1988 27-02-1990 29-09-1987 |
| US 5683827 A | 04-11-1997 | NONE | |
| DE 19526836 A | 23-01-1997 | WO 9704513 A | 06-02-1997 |
| JP 08050902 A | 20-02-1996 | NONE | |
| US 5156928 A | 20-10-1992 | JP 2782854 B JP 3141560 A DE 4034183 A | 06-08-1998 17-06-1991 02-05-1991 |

PCT/EP 99/03168

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In nationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/03168

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

| Kategorie* | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile | Betr. Anspruch Nr. |
|------------|---|--------------------|
| A | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 096, no. 006, 28. Juni 1996 (1996-06-28) & JP 08 050902 A (FUJI ELECTRIC CO LTD), 20. Februar 1996 (1996-02-20) Zusammenfassung ---- | 1-16 |
| A | US 5 156 928 A (TAKABAYASHI YASUHIRO) 20. Oktober 1992 (1992-10-20) das ganze Dokument ----- | 1-16 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 99/03168

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | Datum der Veröffentlichung |
|--|-------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|
| GB 2129237 A | 10-05-1984 | DE 3321421 A | 26-04-1984 |
| | | FR 2535117 A | 27-04-1984 |
| | | JP 59075570 A | 28-04-1984 |
| EP 0226360 A | 24-06-1987 | US 4719401 A | 12-01-1988 |
| | | CA 1266298 A | 27-02-1990 |
| | | JP 62221826 A | 29-09-1987 |
| US 5683827 A | 04-11-1997 | KEINE | |
| DE 19526836 A | 23-01-1997 | WO 9704513 A | 06-02-1997 |
| JP 08050902 A | 20-02-1996 | KEINE | |
| US 5156928 A | 20-10-1992 | JP 2782854 B | 06-08-1998 |
| | | JP 3141560 A | 17-06-1991 |
| | | DE 4034183 A | 02-05-1991 |

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2002年3月28日 (28.03.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/25761 A1

(51) 国際特許分類: H01M 8/00, 16/00, H02J 7/00
(21) 国際出願番号: PCT/JP01/07171
(22) 国際出願日: 2001年8月22日 (22.08.2001)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願2000-285514 2000年9月20日 (20.09.2000) JP
特願2000-285515 2000年9月20日 (20.09.2000) JP
特願2000-285516 2000年9月20日 (20.09.2000) JP

(DEMACHI, Atsushi) [JP/JP]. 斎藤安久 (SAITO, Yasuhisa) [JP/JP]. 桑原虎嗣 (KUWAHARA, Toratsugu) [JP/JP]. 岡 輝行 (OKA, Teruyuki) [JP/JP]. 田淵 聡 (TABUCHI, Satoshi) [JP/JP]. 久保利行 (KUBO, Toshiyuki) [JP/JP]. 大沼 健 (ONUMA, Ken) [JP/JP]. 田平弘樹 (TAHIRA, Hiroki) [JP/JP]; 〒350-1381 埼玉県狭山市新狭山1丁目10番地1 ホンダエンジニアリング株式会社内 Saitama (JP).

(74) 代理人: 北村欣一, 外 (KITAMURA, Kinichi et al.); 〒105-0004 東京都港区新橋2丁目16番1号 ニュー新橋ビル703 Tokyo (JP).

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 本田技研工業株式会社 (HONDA GIKEN KOGYO KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒107-8556 東京都港区南青山二丁目1番1号 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.

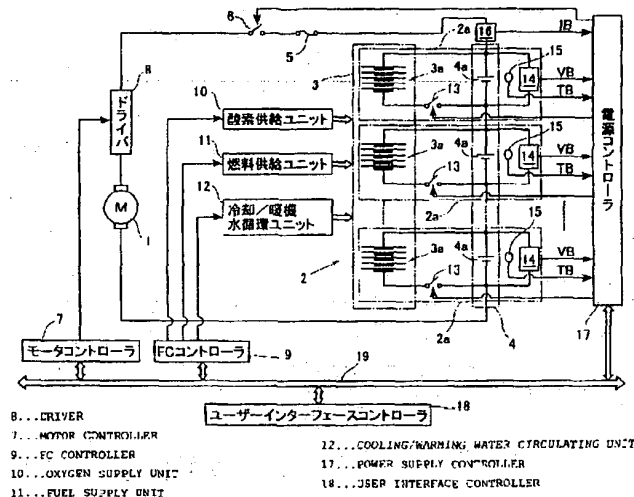
(72) 発明者: および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 出町 敦

[続葉有]

(54) Title: HYBRID POWER SUPPLY DEVICE

(54) 発明の名称: ハイブリッド電源装置



(57) Abstract: A hybrid power supply device for charging a secondary battery (4) by a fuel cell (3) and supplying power from the secondary battery (4) to a load (1), wherein each unit secondary battery (4a) constituting the secondary battery (4) is properly charged without excessive charging even when variations in remaining capacity occur among unit secondary batteries (4a). The fuel cell (3) is divided into a plurality of unit fuel cells (3a) each consisting of a specified number of cells, and each unit fuel cell (3a) is parallel-connected with each unit secondary battery (4a) via each charging switch (13) to constitute each unit hybrid power supply (2a). A charging switch (13) is controlled for each unit hybrid power supply (2a) based on the remaining capacity of each unit secondary battery (4a) to permit a unit fuel cell (3a) to charge a unit secondary battery (4a).

[続葉有]



(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

燃料電池(3)により二次電池(4)に充電し、二次電池(4)から負荷(1)に電力を供給するようにしたハイブリッド電源装置において、二次電池(4)を構成する個々の単位二次電池(4a)の残容量がばらついても、各単位二次電池(4a)に過充電を生ずることなく適正に充電できるようにする。燃料電池(3)を夫々所定数のセルから成る複数の単位燃料電池(3a)に分割し、各単位燃料電池(3a)と各単位二次電池(4a)とを各充電スイッチ(13)を介して並列接続して各単位ハイブリッド電源(2a)を構成する。各単位二次電池(4a)の残容量に基づき、各単位ハイブリッド電源(2a)毎に個別に充電スイッチ(13)を制御して単位燃料電池(3a)による単位二次電池(4a)の充電を行う。

明細書

ハイブリッド電源装置

技術分野

本発明は、燃料電池と、リチウムイオン電池等を単位二次電池としてその複数個を直列に接続して成る二次電池とを備える、主として電気自動車に使用されるハイブリッド電源装置に関する。

背景技術

燃料電池は、水素等の燃料ガスをアノードに供給すると共に、酸素ガスや空気をカソードに供給し、両極で起きる電気化学反応で起電力を得る発電装置であり、大気汚染物質の排出が少ないため、電気自動車の電源としての利用が図られている。

然し、燃料電池は、ガス供給の遅延等の影響で発電量を急には変化できないため、急激な負荷変動には対応できず、また、或る程度の温度にならないと安定動作せず、例えば、電気自動車で多く用いられている固体高分子電解質型燃料電池（PEFC）では60～80℃にならないと安定動作せず、起動までに時間がかかる、という問題がある。

そこで、従来、燃料電池と二次電池とを併用し、燃料電池により二次電池に充電し、二次電池から電気自動車のモータ（負荷）に電力を供給するようにしたハイブリッド電源装置が提案されている（特開平6-124720号公報等参照）。二次電池は、負荷の駆動に必要な高電圧を得るため、複数の単位二次電池を直列に接続して構成されている。そして、単位二次電池としては、一般に、Ni-Cd電池やNi-MH電池を用いているが、小形軽量化のためエネルギー密度の高いリチウムイオン電池を用いることも考えられている。

ところで、Ni-Cd電池やNi-MH電池では、満充電時に電圧降下するため、過充電に対する特別の対策は不要であるが、リチウムイオン電池では満充電時に電圧降下する現象がなく、そのため、リチウムイオン電池を単位二次電池と

する二次電池の充電に際しては、各単位二次電池が過充電にならないように管理することが必要になる。

ここで、複数の単位二次電池を直列に接続して成る二次電池では、その製造時における各単位二次電池の容量のばらつきや、経時劣化等によって個々の単位二次電池の残容量がばらつくことがある。この状態で二次電池に単純に充電すると、各単位二次電池の容量が当初のばらつきを保ったまま上昇することになり、残容量が小さかった単位二次電池が満充電されたときには、残容量が大きかった単位二次電池が過充電になってしまう。

本発明は、以上の点に鑑み、二次電池を構成する各単位二次電池に過充電を生ずることなく適正に充電し得るようにしたハイブリッド電源装置を提供することを目的としている。

発明の開示

上記目的を達成すべく、本発明の第1の特徴によれば、燃料電池と、複数の単位二次電池を直列に接続して成る二次電池とを備え、燃料電池により二次電池に充電し、二次電池から負荷に電力を供給するようにしたハイブリッド電源装置において、燃料電池を夫々所定数のセルから成る複数の単位燃料電池に分割し、各単位燃料電池と各単位二次電池とを並列接続して各単位ハイブリッド電源を構成すると共に、各単位ハイブリッド電源の単位二次電池と単位燃料電池とを接続、遮断する各充電スイッチと、各単位二次電池の残容量を検出する各残容量検出手段と、各単位二次電池の残容量に基づき、各単位ハイブリッド電源毎に個別に充電スイッチを制御して単位燃料電池による単位二次電池の充電を行う充電制御手段とを設けている。

また、本発明の第2の特徴によれば、燃料電池と、複数の単位二次電池を直列に接続して成る二次電池とを備え、燃料電池により二次電池に充電し、二次電池から負荷に電力を供給すると共に、燃料電池からも負荷に電力を供給可能としたハイブリッド電源装置において、発電容量の異なる複数の燃料電池を設け、各燃料電池を構成する直列接続された多数のセルを所定数宛複数グループに区分けして、各グループを単位燃料電池とし、各単位二次電池に複数の燃料電池の各1個

の単位燃料電池を並列接続して各単位ハイブリッド電源を構成すると共に、各単位ハイブリッド電源の単位二次電池と単位燃料電池とを接続、遮断する各充電スイッチと、各燃料電池と負荷とを接続、遮断する各電力供給スイッチと、各単位二次電池の残容量を検出する各残容量検出手段と、各単位二次電池の残容量に基づき、各単位ハイブリッド電源毎に個別に充電スイッチを制御して単位燃料電池による単位二次電池の充電を行う充電制御手段と、負荷の要求電力に応じた所定の燃料電池を対応する電力供給スイッチを介して負荷に接続する電力制御手段とを設けている。

また、本発明の第3の特徴によれば、燃料電池と、複数の単位二次電池を直列に接続し成る二次電池とを備え、燃料電池により二次電池に充電し、二次電池から負荷に電力を供給すると共に、燃料電池からも負荷に電力を供給可能としたハイブリッド電源装置において、燃料電池を夫々所定数のセルから成る複数の単位燃料電池に分割し、各単位二次電池と各単位燃料電池とを並列接続して各単位ハイブリッド電源を構成すると共に、各単位ハイブリッド電源の単位二次電池と単位燃料電池とを接続、遮断する各充電スイッチと、入力側に複数の単位燃料電池を並列に接続した電圧変換器と、電圧変換器と各単位燃料電池とを接続、遮断する各電力供給スイッチと、各単位二次電池の残容量を検出する各残容量検出手段と、各単位二次電池の残容量に基づき、各単位ハイブリッド電源毎に個別に充電スイッチを制御して単位燃料電池による単位二次電池の充電を行う充電制御手段と、負荷の要求電力に応じた所定数の単位燃料電池を対応する電力供給スイッチを介して電圧変換器に接続し、電圧変換器から所定の定電圧で負荷に電力を供給する電力制御手段とを設けている。

本発明によれば、上記何れの特徴のものにおいても、各単位二次電池は、これと対になって単位ハイブリッド電源を構成する各単位燃料電池により、該各単位二次電池の残容量に応じて個々に充電される。かくて、個々の単位二次電池の残容量がばらついても、各単位二次電池に過充電を生ずることなく適正に充電できる。

尚、上記第1の特徴のものにおいて、各単位二次電池の残容量に応じて燃料電池に供給する燃料量を可変する燃料制御手段を設ければ、燃料の無駄を少なくし

て効率アップを図れる。

また、上記第2の特徴のものでは、負荷の要求電力に応じ、要求電力が小さいときは発電容量の小さい燃料電池を負荷に接続し、要求電力が大きいときは発電容量の大きい燃料電池を負荷に接続することができるため、負荷変動に対する燃料電池からの供給電力の応答性が向上する。

また、上記第3の特徴のものでも、負荷に電力を供給する単位燃料電池の数を負荷の要求電力に応じて可変することができるため、負荷変動に対する燃料電池からの供給電力の応答性が向上する。尚、負荷に電力を供給する単位燃料電池の数が少ないと負荷の駆動に必要な高電圧を得られなくなるが、第3の特徴のものでは、電圧変換器による電圧の昇圧作用で所要の高電圧を得られ、不具合は生じない。

図面の簡単な説明

図1は本発明電源装置の第1実施形態のブロック回路図であり、図2は第1実施形態における充電の制御プログラムを示すフロー図であり、図3は本発明電源装置の第2実施形態のブロック回路図であり、図4は第2実施形態における電力供給の制御プログラムを示すフロー図であり、図5は第2実施形態における充電の制御プログラムを示すフロー図であり、図6は本発明電源装置の第3実施形態のブロック回路図であり、図7は第3実施形態における電力供給の制御プログラムを示すフロー図であり、図8は図2、図5の充電制御プログラムで用いる残容量SOCに関する各判定値の設定を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

図1を参照して、1は電気自動車のモータであり、モータ1用の電源として燃料電池3と二次電池4とを併用したハイブリッド電源2を設けている。

二次電池4は、リチウムイオン電池から成る単位二次電池4aの複数個を直列に接続して構成されており、負荷たるモータ1にヒューズ5とメインスイッチ6とモータコントローラ7で制御されるモータドライバ8とを介して二次電池4からの電力を供給するようにしている。

燃料電池 3 は例えば固体高分子電解質型 (PEFC) のものであり、多数のセルを積層して構成されている。そして、本実施形態では、所定数のセル毎に絶縁板 (図示せず) を介して、燃料電池 3 を夫々所定数のセルから成る複数の単位燃料電池 3 a に分割し、各単位燃料電池 3 a と各単位二次電池 4 a とを並列接続して各単位ハイブリッド電源 2 a を構成している。単位燃料電池 3 a を構成するセル数、即ち、上記所定数は、単位二次電池 4 a の定格電圧を発電効率の良い範囲での 1 セル当りの出力電圧で除した値に略等しく設定される。ここで、単位二次電池 4 a がリチウムイオン電池である場合、その定格電圧は、3.5 ~ 4.2 V になり、燃料電池 3 が PEFC である場合、発電効率の良い範囲での 1 セル当りの出力電圧は 0.6 ~ 0.8 V になるから、単位燃料電池 3 a を構成するセル数は 4 ~ 6 個に設定される。尚、燃料電池 3 には、燃料電池 (FC) コントローラ 9 で制御される酸素供給ユニット 10 と燃料供給ユニット 11 と水循環ユニット 12 とを介して酸素ガスと水素等の燃料ガスと冷却用及び暖機用の水とが供給される。

各単位ハイブリッド電源 2 a の単位燃料電池 3 a と単位二次電池 4 a とは、各単位ハイブリッド電源 2 a 毎に設けた各充電スイッチ 13 によって接続、遮断されるようになっている。また、各単位二次電池 4 a の電圧 V_B を検出する各電圧検出器 14 と、各単位二次電池 4 a の温度 T_B を検出する各温度検出器 15 と、モータ 1 に供給される二次電池 4 からの放電電流 I_B を検出する電流検出器 16 とを設け、これら電圧検出器 14 と温度検出器 15 と電流検出器 16 とからの信号を充電制御手段たる電源コントローラ 17 に入力し、この電源コントローラ 17 でメインスイッチ 6 と各充電スイッチ 13 とを制御するようにしている。尚、電源コントローラ 17 とモータコントローラ 7 と FC コントローラ 9 とは、ユーザインターフェースコントローラ 18 を接続したバスライン 19 を介して互に接続されている。

図 2 は電源コントローラ 17 の基本的な制御プログラムを示している。これを詳述するに、先ず、各単位二次電池 4 a の電圧 V_B 及び温度 T_B と、各充電スイッチ 13 のオンオフ状態と、放電電流 I_B とを読み込むと共に、バスライン 19 を介して燃料電池 3 の温度及びガス供給状態 (ガス圧等) を読み込み (S1)、次に、

全ての単位二次電池 4 a が正常であるか否かを判別し (S 2)、何れかの単位二次電池 4 a に異常を生じたときは、全ての充電スイッチ 1 3 をオフすると共に (S 3)、異常情報をバスライン 1 9 に出力して異常処理を行う (S 4)。

全ての単位二次電池 4 a が正常であれば、各単位二次電池 4 a の残容量 SOC を推定する (S 5)。SOC は、図 8 に示す如く、過充電にならない充電許容範囲の上限 (満充電) を 100%、過放電にならない放電許容範囲の下限を 0% として求められるもので、各単位二次電池 4 a の電圧 VB を基に、各単位二次電池 4 a の温度 TB と、放電電流 IB と、燃料電池 3 の温度及びガス供給状態から求められる発電量と、各充電スイッチ 1 3 のオンオフ状態とによりマップから各単位二次電池 4 a の残容量 SOC を推定する。尚、本実施形態では、各電圧検出器 1 4 と各温度検出器 1 5 と電流検出器 1 6 と電源コントローラ 1 7 とを主要な構成要素として各単位二次電池 4 a の残容量を検出する各残容量検出手段が構成されることになる。

次に、各単位二次電池 4 a の残容量 SOC と図 8 に示した第 1 判定値 SOC1 とを比較し、 $SOC < SOC1$ の単位二次電池 4 a の充電スイッチ 1 3 をオンして、該単位二次電池 4 a に対応する単位燃料電池 3 a によって充電し、 $SOC \geq SOC1$ になったところで充電スイッチ 1 3 をオフする (S 6)。かくて、各単位二次電池 4 a の残容量 SOC に基づき、各単位ハイブリッド電源 2 a 毎に個別に充電スイッチ 1 3 が制御されて単位燃料電池 3 a による単位二次電池 4 a の充電が行われることになり、個々の単位二次電池 4 a の残容量 SOC がばらついて、各単位二次電池 4 a に過充電を生ずることなく適正に充電できる。

また、上記した充電スイッチ 1 3 の制御に併行して、電源コントローラ 1 7 により FC コントローラ 9 を介して燃料電池 3 の発電量の制御を行う (S 7)。即ち、全ての単位二次電池 4 a の残容量 SOC が SOC1 以上の場合には、燃料電池 3 への燃料ガス (酸素ガスを含む) の供給をカットして発電を停止し、また、全ての単位二次電池 4 a の残容量 SOC が図 8 に示した第 2 判定値 SOC2 以上である場合には、燃料ガスの供給量を最小流量に減少させてセーブモードでの発電を行い、何れか 1 個以上の単位二次電池 4 a の残容量 SOC が図 8 に示した第 3 判定値 SOC3 以下である場合には、燃料ガスの供給量を最大流量に増加させ

てパワーモードでの発電を行い、それ以外の場合には、燃料ガスの供給量を最小流量と最大流量との間で増減してモータ負荷に応じた発電を行う。尚、本実施形態では、電源コントローラ17とFCコントローラ9と酸素及び燃料供給ユニット10、11とで燃料制御手段が構成される。

図3はハイブリッド電源装置の第2実施形態を示しており、上記第1実施形態と同様の部材に上記と同一の符号を付している。第2実施形態では、第1と第2の2つの燃料電池3₁、3₂を設け、第1燃料電池3₁を第2燃料電池3₂よりも大きな発電容量を持つものにしてある。そして、第1と第2の各燃料電池3₁、3₂を第1と第2の各電力供給スイッチ20₁、20₂を介してモータ1に個々に接続し得るようにしている。また、第1と第2の各燃料電池3₁、3₂を構成する直列接続された多数のセルを所定数宛複数グループに区分けして、各グループを単位燃料電池3_{1a}、3_{2a}とし、第1と第2の両燃料電池3₁、3₂の各1個の単位燃料電池3_{1a}、3_{2a}と単二次電池4aとを各充電スイッチ13を介して並列接続して各单位ハイブリッド電源2aを構成している。

また、第2実施形態では、各单位二次電池4aの電圧VBを検出する各電圧検出器14と、各单位二次電池4aの温度TBを検出する各温度検出器15と、二次電池4からの放電電流IBを検出する電流検出器16とに加えて、モータ1に流れる負荷電流IMを検出する電流検出器21を設け、これら電圧検出器14と温度検出器15と電流検出器16、21とからの信号を電源コントローラ17に入力し、この電源コントローラ17でメインスイッチ6と各充電スイッチ13とに加えて各電力供給スイッチ20₁、20₂を制御するようにしている。

電源コントローラ17は、図4に示す電力制御手段としての制御と、図5に示す充電制御手段としての制御とを併行して行う。電力制御では、先ず、FCコントローラ9からバスライン19を介して入力される燃料電池3₁、3₂の温度情報に基づいて燃料電池3₁、3₂の暖機が完了したか否かを判別し(Q1)、暖機が完了するまではメインスイッチ6のみをオンして(Q2)、二次電池4からモータ1に電力を供給する。

暖機が完了すると、バスライン19を介して入力されるアクセル・ブレーキ情報と車速情報と負荷電流IM等からモータ1の要求電力を算出し(Q3)、要求

電力が大きいとき（高負荷時）は第1と第2の両電力供給スイッチ20₁、20₂をオンして、第1と第2の両燃料電池3₁、3₂をモータ1に接続し、要求電力が中程度であるとき（中負荷時）は第1電力供給スイッチ20₁をオンして、第1燃料電池3₁をモータ1に接続し、要求電力が小さいとき（低負荷時）は第2電力供給スイッチ20₂をオンして、第2燃料電池3₂をモータ1に接続する（Q4）。

これによれば、要求電力が変動してもそれに応じた発電容量の燃料電池から電力が供給されるため、要求電力の変動に対する燃料電池からの供給電力の応答性が向上する。そして、車両のキースイッチがオフされるまで上記の制御を繰返し、キースイッチがオフされたところでメインスイッチ6をオフすると共に第1と第2の両電力供給スイッチ20₁、20₂をオフする（Q5、Q6）。

充電制御は燃料電池3₁、3₂の暖機完了後に行われ、先ず、各单位二次電池4aの温度TB等に基づいて全ての単位二次電池4aが正常であるか否かを判別し（S11）、何れかの単位二次電池4aに異常を生じたときは、全ての充電スイッチ13をオフすると共に（S12）、異常情報をバスライン19に出力して異常処理を行う（S13）。全ての単位二次電池4aが正常であれば、各单位二次電池4aの残容量SOCを推定する（S14）。次に、各单位二次電池4aの残容量SOCと図8に示した第1判定値SOC1とを比較し、 $SOC < SOC1$ の単位二次電池4aの充電スイッチ13をオンして、該単位二次電池4aに対応する単位燃料電池3_{1a}、3_{2a}によって充電し、 $SOC \geq SOC1$ になったところで充電スイッチ13をオフする（S15）。かくて、各单位二次電池4aの残容量SOCに基づき、各单位ハイブリッド電源2a毎に個別に充電スイッチ13が制御されて単位燃料電池3_{1a}、3_{2a}による単位二次電池4aの充電が行われることになり、個々の単位二次電池4aの残容量SOCがばらついていても、各单位二次電池4aに過充電を生ずることなく適正に充電できる。

キースイッチがオフされるまでは上記の制御を繰返し（S16）、キースイッチがオフされたとき、全ての単位二次電池4aの残容量SOCが図8に示した第2判定値SOC2以上であるか否かを判別し（S17）、 $SOC < SOC2$ の単位二次電池4aがあれば、この単位二次電池4aにその充電スイッチ13をオンして充電し（S18）、全ての単位二次電池4aが $SOC \geq SOC2$ になったと

き、FCコントローラ9に停止指令を送信して燃料電池3₁、3₂の発電を停止する(S19)。

尚、上記第2実施形態では、酸素と燃料の供給を第1と第2の両燃料電池3₁、3₂に対し共通に制御するようにしたが、各燃料電池3₁、3₂毎にバルブを設けて、各燃料電池3₁、3₂への酸素と燃料の供給を個々に制御することも可能である。また、燃料電池の数は2個に限られるものではなく、発電容量の異なる3個の以上の燃料電池を設けても良い。

図6はハイブリッド電源装置の第3実施形態を示しており、上記実施形態と同様の部材に上記と同一の符号を付している。第3実施形態では、上記第1実施形態と同様に、燃料電池3を夫々所定数のセルから成る複数の単位燃料電池3aに分割し、各単位燃料電池3aと各単位二次電池4aとを各充電スイッチ13を介して並列接続して各単位ハイブリッド電源2aを構成している。そして、第3実施形態では、モータ1に第1スイッチ6₁を介して二次電池4を接続すると共に、モータ1に第2スイッチ6₂を介して二次電池4と並列に接続される電圧変換器22を設け、電圧変換器22の入力側に前記複数の単位燃料電池3aを各別の電力供給スイッチ23を介して並列に接続している。電圧変換器22は、その入力側に接続されている単位燃料電池3aの個数に係りなく、単位燃料電池3aからの電力をモータ1の駆動に必要な所定の一定電圧に昇圧して出力するように構成されている。特に、モータ1がPMW制御により動作されるDCブラシレスモータである場合、モータ1の制御精度を確保するには電源電圧を一定にすることが必要になり、電圧変換器22は不可欠である。

また、上記第2実施形態と同様に、各単位二次電池4aの電圧VBを検出する各電圧検出器14と、各単位二次電池4aの温度TBを検出する各温度検出器15と、二次電池4からの放電電流IBを検出する電流検出器16と、モータ1に流れる負荷電流IMを検出する電流検出器21とからの信号を電源コントローラ17に入力し、この電源コントローラ17で第1スイッチ6₁と第2スイッチ6₂と各充電スイッチ13と各電力供給スイッチ23とを制御するようにしている。

電源コントローラ17は、電力制御手段としての制御と、充電制御手段としての制御とを併行して行う。電力制御の詳細は図7に示す通りであり、先ず、FC

コントローラ 9 からバスライン 19 を介して入力される燃料電池 3 の温度情報に基づいて燃料電池 3 の暖機が完了したか否かを判別し (Q11)、暖機が完了するまでは第 1 スイッチ 6₁ のみをオンして、二次電池 4 からモータ 1 に電力を供給する (Q12)。

暖機が完了すると、第 2 スイッチ 6₂ をオンすると共に (Q13)、バスライン 19 を介して入力されるアクセル・ブレーキ情報と車速情報と負荷電流 I_M 等からモータ 1 の要求電力を算出し (Q14)、要求電力の大きさに応じた個数の単位燃料電池 3 a を対応する電力供給スイッチ 23 をオンすることで電圧変換器 22 に接続する (Q15)。これによれば、電圧変換器 22 から所定の定電圧でモータ 1 に電力が供給され、また、要求電力が変動してもそれに応じて電圧変換器 22 に接続される単位燃料電池 3 a の個数が変わるため、要求電力の変動に対する燃料電池 3 からの供給電力の応答性が向上する。そして、車両のキースイッチがオフされるまで上記の制御を繰返し、キースイッチがオフされたところで第 1 と第 2 の両スイッチ 6₁、6₂ をオフする (Q16, Q17)。

充電制御は図 5 に示した第 2 実施形態の充電制御と同様であり、その詳細な説明は省略する。尚、 $SOC < SOC_1$ の単位二次電池 4 a に対応する単位燃料電池 3 a の電力供給スイッチ 23 がオンされている場合、 $SOC \geq SOC_1$ の単位二次電池 4 a に対応する単位燃料電池 3 a のうちで電力供給スイッチ 23 がオフされているものがあれば、この単位燃料電池 3 a の電力供給スイッチ 23 をオンすると共に、上記単位燃料電池 3 a の電力供給スイッチ 23 をオフし、この状態で充電スイッチ 13 をオンして単位二次電池 4 a に充電する。また、 $SOC \geq SOC_1$ の単位二次電池 4 a に対応する単位燃料電池 3 a のうちに電力供給スイッチ 23 がオフされているものがなければ、要求電力が低下したとき、 $SOC < SOC_1$ の単位二次電池 4 a に対応する単位燃料電池 3 a の電力供給スイッチ 23 を優先的にオフし、その後で充電スイッチ 13 をオンして単位二次電池 4 a に充電する。

ところで、上記第 3 実施形態では、酸素と燃料の供給を燃料電池 3 全体で制御するようにしたが、単位燃料電池 3 a 毎にバルブを設けて、単位燃料電池 3 a への酸素と燃料の供給を個々に制御することも可能である。また、上記第 1 乃至第

3実施形態では、単位二次電池 4 a としてリチウムイオン電池を用いたが、リチウムイオン電池以外の電池で単位二次電池を構成する場合も同様に本発明を適用できる。

請求の範囲

1. 燃料電池と、複数の単位二次電池を直列に接続して成る二次電池とを備え、燃料電池により二次電池に充電し、二次電池から負荷に電力を供給するようにしたハイブリッド電源装置において、

燃料電池を夫々所定数のセルから成る複数の単位燃料電池に分割し、各単位燃料電池と各単位二次電池とを並列接続して各単位ハイブリッド電源を構成すると共に、

各単位ハイブリッド電源の単位二次電池と単位燃料電池とを接続、遮断する各充電スイッチと、

各単位二次電池の残容量を検出する各残容量検出手段と、

各単位二次電池の残容量に基づき、各単位ハイブリッド電源毎に個別に充電スイッチを制御して単位燃料電池による単位二次電池の充電を行う充電制御手段とを設ける、

ことを特徴とするハイブリッド電源装置。

2. 各単位二次電池の残容量に応じて燃料電池に供給する燃料量を可変する燃料制御手段を設けることを特徴とする請求項1に記載のハイブリッド電源装置。

3. 燃料電池と、複数の単位二次電池を直列に接続して成る二次電池とを備え、燃料電池により二次電池に充電し、二次電池から負荷に電力を供給すると共に、燃料電池からも負荷に電力を供給可能としたハイブリッド電源装置において、

発電容量の異なる複数の燃料電池を設け、各燃料電池を構成する直列接続された多数のセルを所定数宛複数グループに区分けして、各グループを単位燃料電池とし、各単位二次電池に複数の燃料電池の各1個の単位二次電池を並列接続して各単位ハイブリッド電源を構成すると共に、

各単位ハイブリッド電源の単位二次電池と単位燃料電池とを接続、遮断する各充電スイッチと、

各燃料電池と負荷とを接続、遮断する各電力供給スイッチと、

各単位二次電池の残容量を検出する各残容量検出手段と、

各单位二次電池の残容量に基づき、各单位ハイブリッド電源毎に個別に充電スイッチを制御して単位燃料電池による単位二次電池の充電を行う充電制御手段と、

負荷の要求電力に応じた所定の燃料電池を対応する電力供給スイッチを介して負荷に接続する電力制御手段とを設ける、

ことを特徴とするハイブリッド電源装置。

4. 燃料電池と、複数の単位二次電池を直列に接続し成る二次電池とを備え、燃料電池により二次電池に充電し、二次電池から負荷に電力を供給すると共に、燃料電池からも負荷に電力を供給可能としたハイブリッド電源装置において、

燃料電池を夫々所定数のセルから成る複数の単位燃料電池に分割し、各单位二次電池と各单位燃料電池とを並列接続して各单位ハイブリッド電源を構成すると共に、

各单位ハイブリッド電源の単位二次電池と単位燃料電池とを接続、遮断する各充電スイッチと、

入力側に複数の単位燃料電池を並列に接続した電圧変換器と、

電圧変換器と各单位燃料電池とを接続、遮断する各電力供給スイッチと、

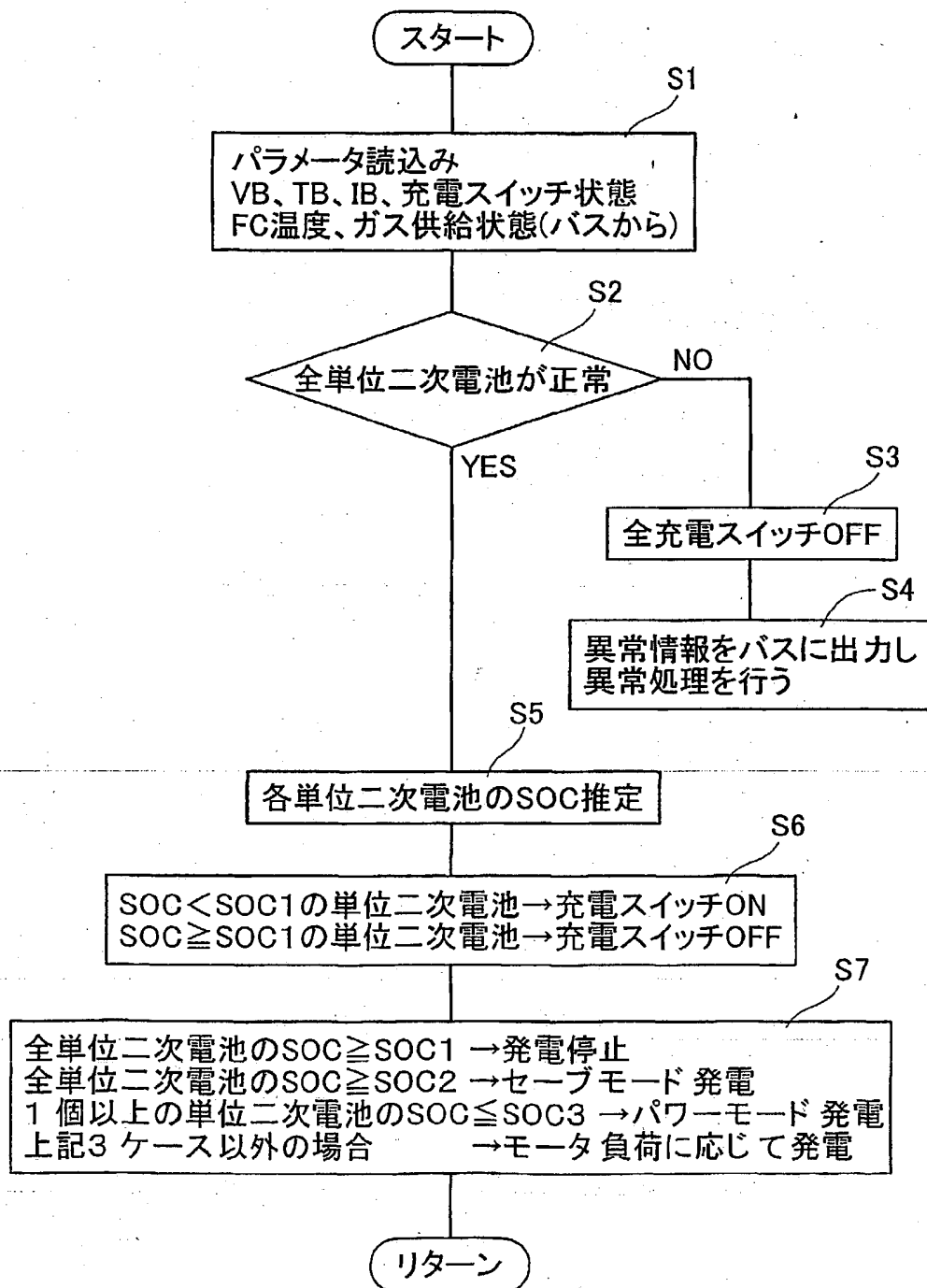
各单位二次電池の残容量を検出する各残容量検出手段と、

各单位二次電池の残容量に基づき、各单位ハイブリッド電源毎に個別に充電スイッチを制御して単位燃料電池による単位二次電池の充電を行う充電制御手段と、

負荷の要求電力に応じた所定数の単位燃料電池を対応する電力供給スイッチを介して電圧変換器に接続し、電圧変換器から所定の定電圧で負荷に電力を供給する電力制御手段とを設ける、

ことを特徴とするハイブリッド電源装置。

図2



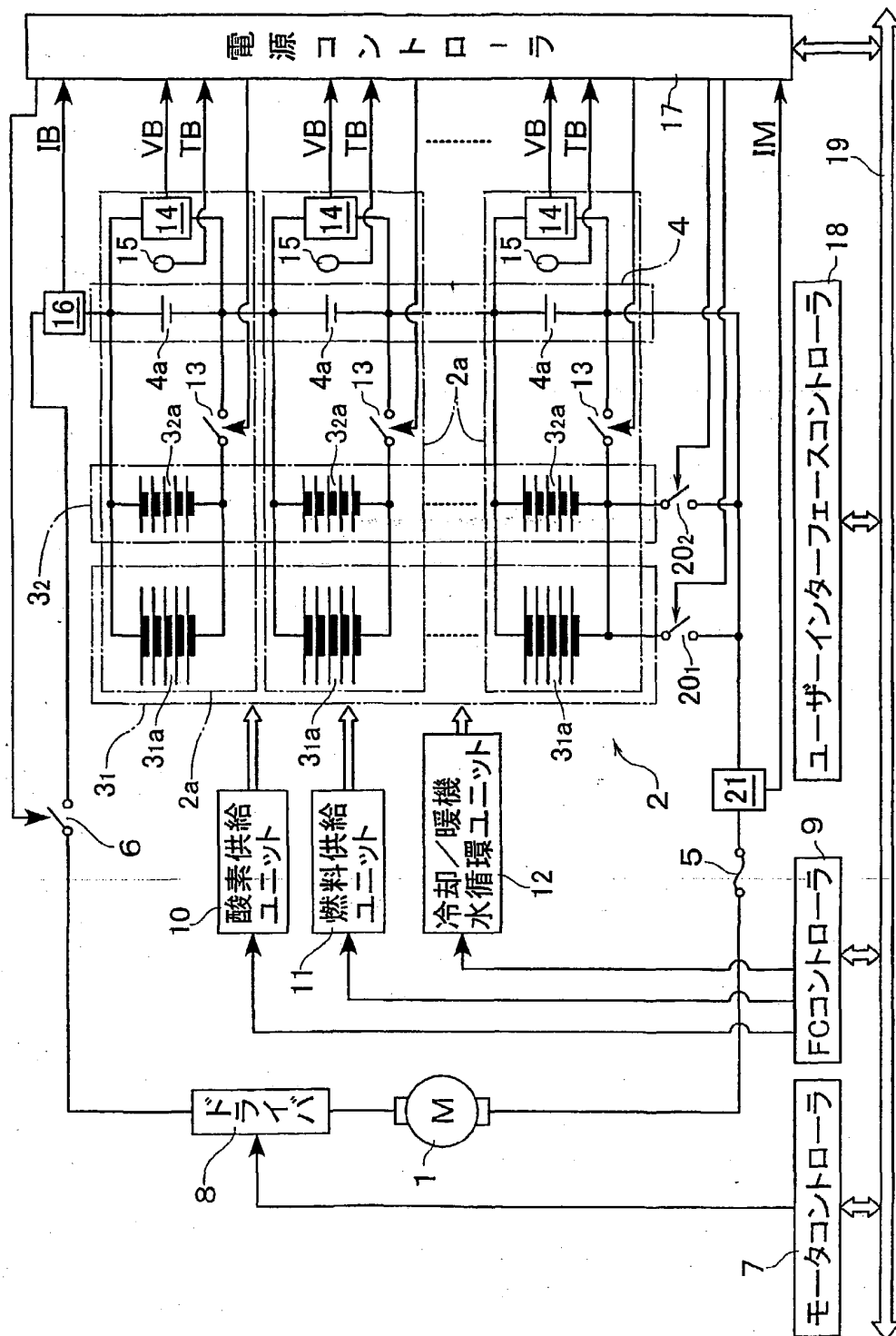


図4

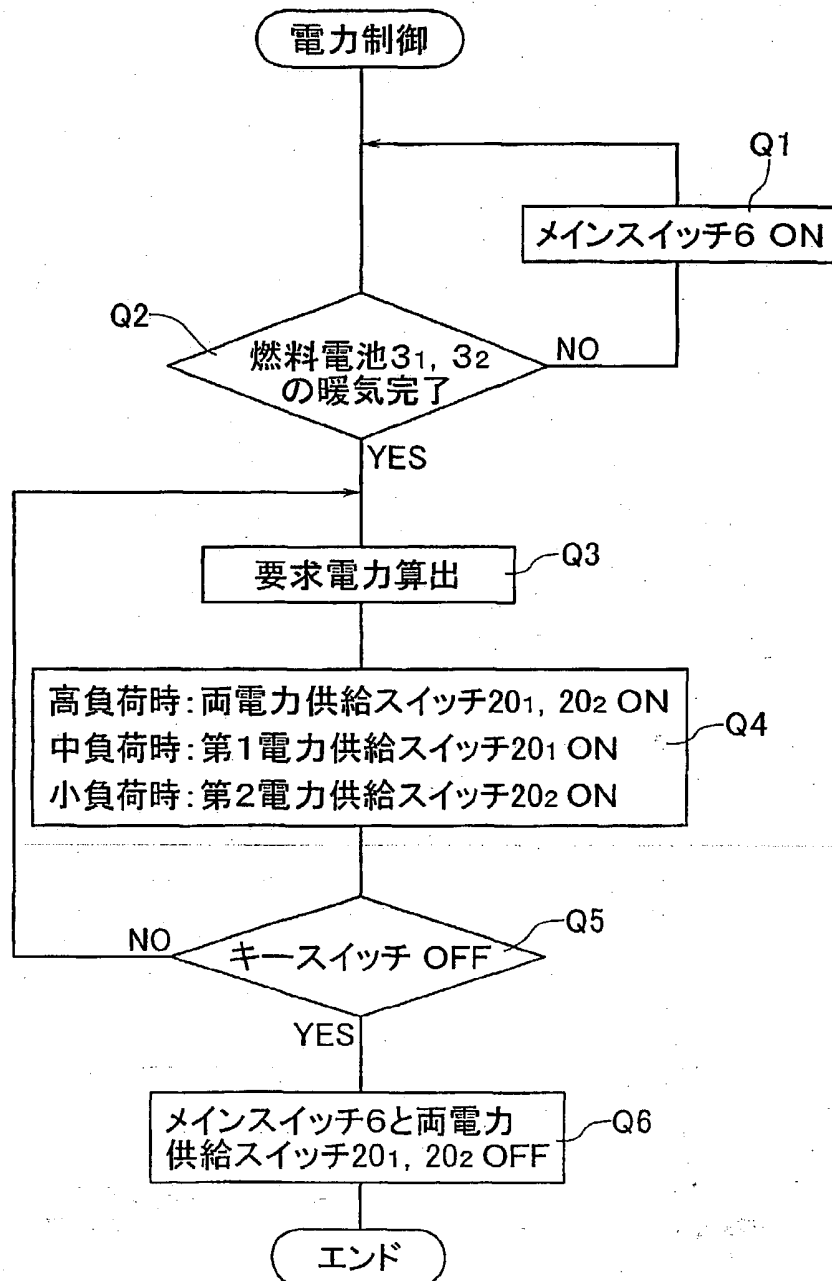


図5

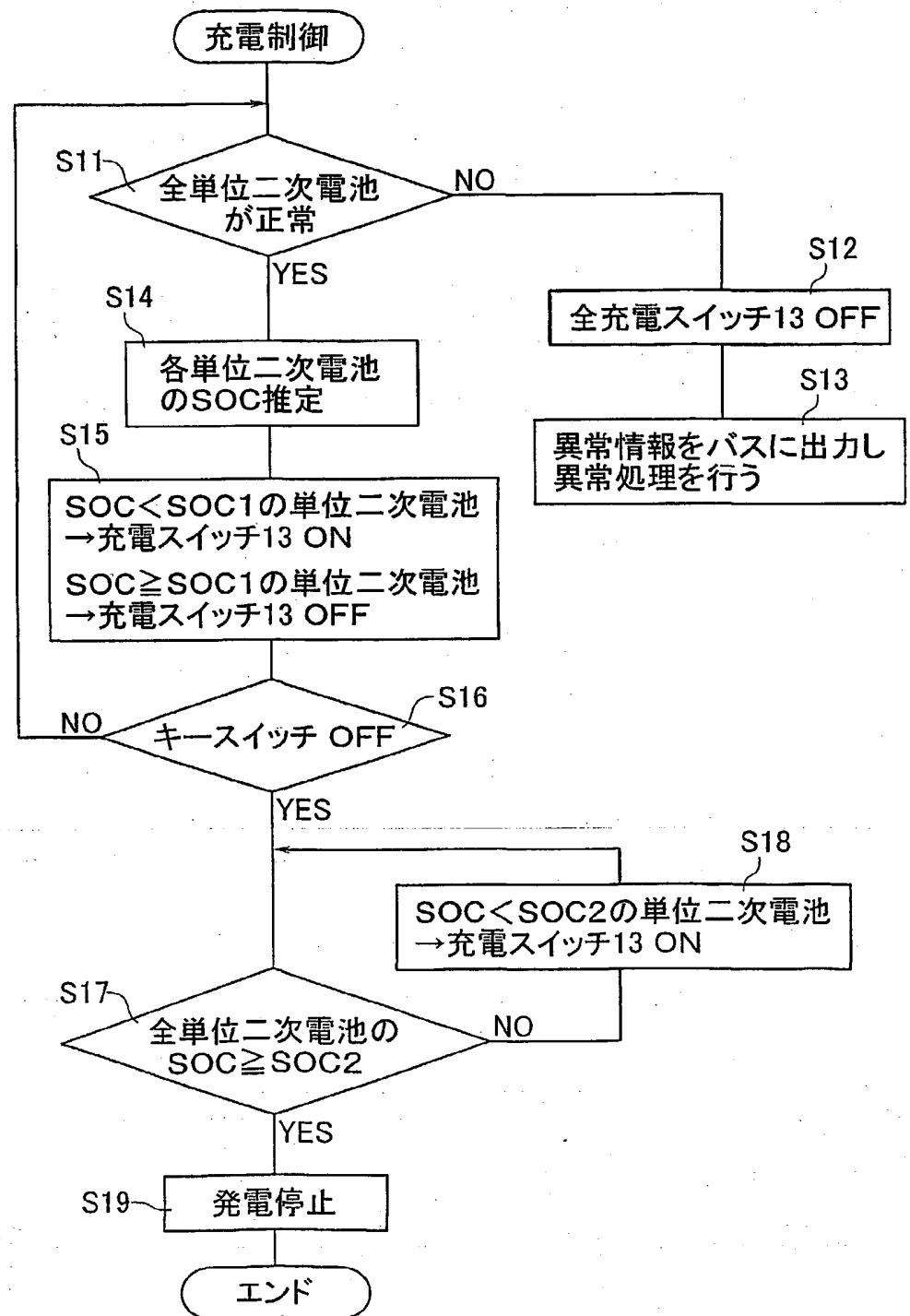


図6

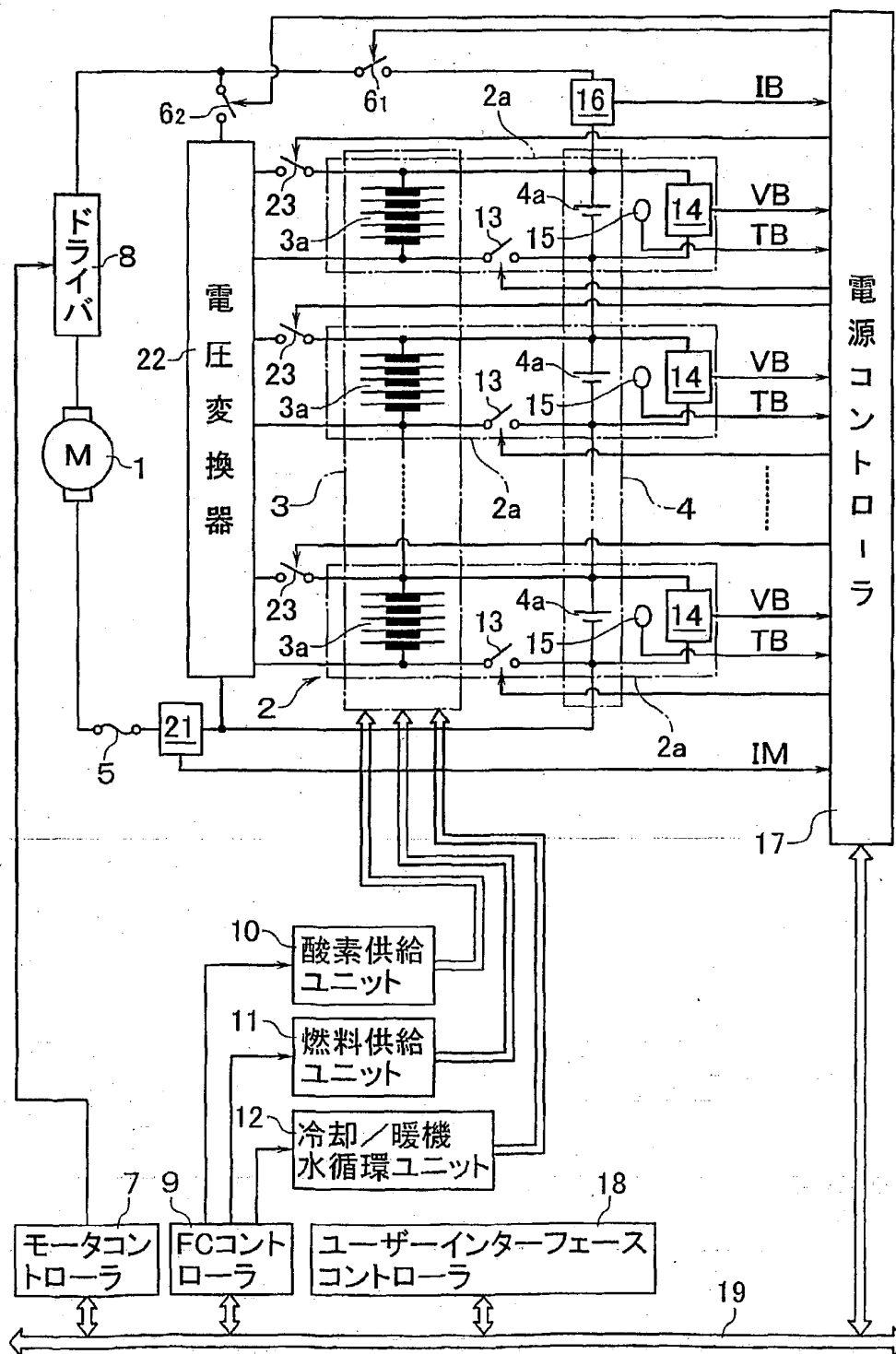


図7

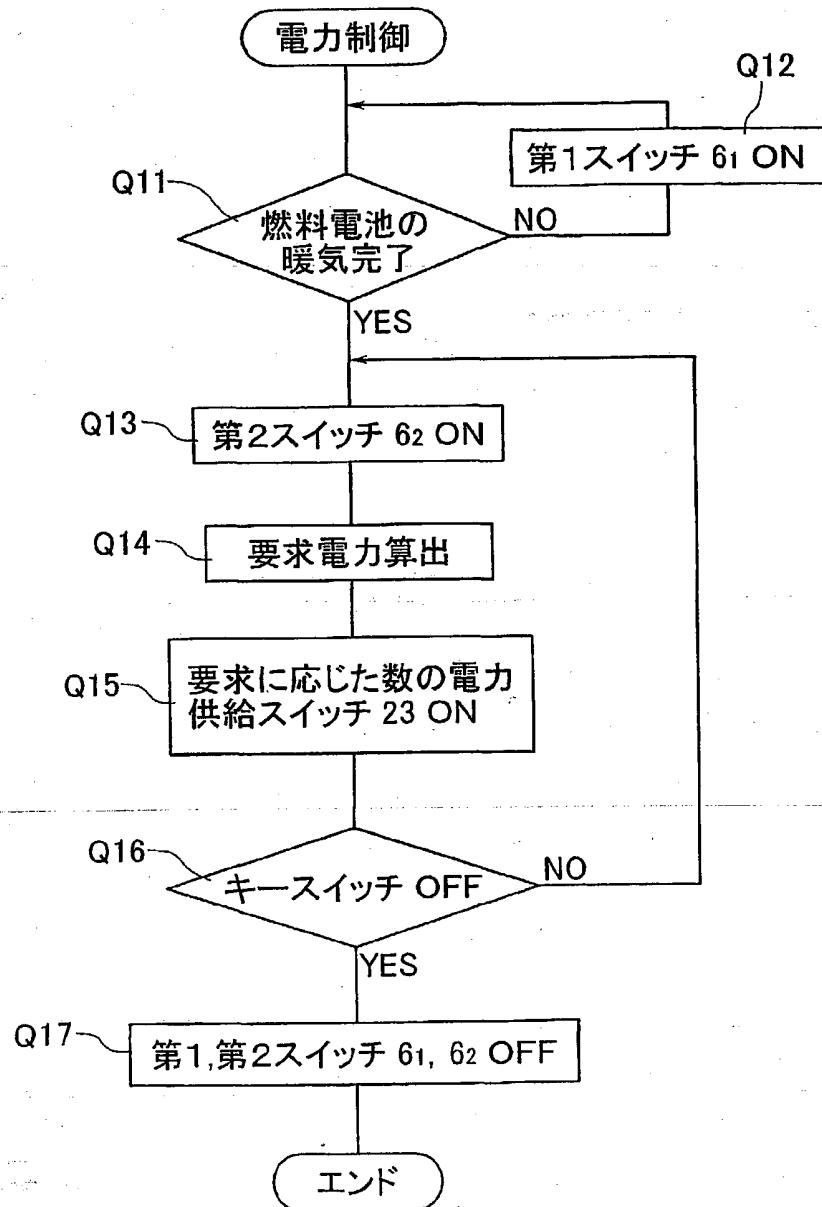
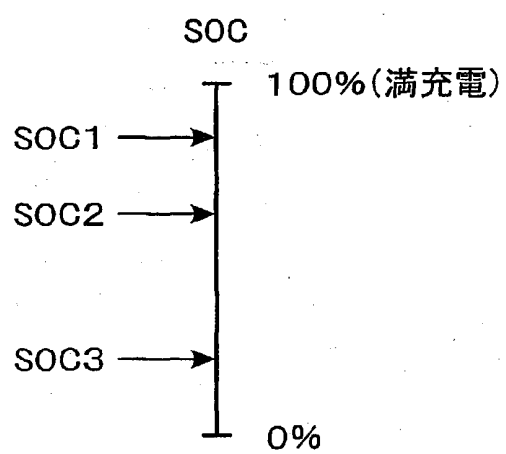


図8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/07171

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01M 8/00, H01M 16/00, H02J 7/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01M 8/00, H01M10/42-10/44, H01M16/00, H02J 7/00, B60K 9/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

| | | | |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho | 1926-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2001 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2001 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2001 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | JP 7-240213 A (Kabushiki Kaisha Aqueous Research, Aisin AW Co., Ltd.), 12 September, 1995 (12.09.95), (Family: none) | 1-4 |
| A | JP 7-320752 A (Osaka Gas Co., Ltd., Fuji Electric Co., Ltd.), 08 December, 1995 (08.12.95), (Family: none) | 1-4 |
| A | JP 10-40931 A (Toyota Motor Corporation), 13 February, 1998 (13.02.98), (Family: none) | 1-4 |
| A | JP 11-339858 A (Honda Motor Co., Ltd.), 10 December, 1999 (10.12.99), (Family: none) | 1-4 |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
21 November, 2001 (21.11.01)Date of mailing of the international search report
04 December, 2001 (04.12.01)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

国際調査報告

国際出願番号 PCT/JP01/07171

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01M 8/00, H01M 16/00, H02J 7/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01M 8/00, H01M10/42~10/44, H01M16/00, H02J 7/00
B60K 9/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2001年
 日本国登録実用新案公報 1994-2001年
 日本国実用新案登録公報 1996-2001年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|---|------------------|
| A | JP 7-240213 A(株式会社エクス・リサーチ&アイシン・エイ・ダ ブリュ株式会社)12.9月.1995(12.09.95)(ファミリーなし) | 1~4 |
| A | JP 7-320752 A(大阪瓦斯株式会社&富士電機株式会社)8.12月.1995 (08.12.95)(ファミリーなし) | 1~4 |
| A | JP 10-40931 A(トヨタ自動車株式会社)13.2月.1998(13.02.98)(フ ァミリーなし) | 1~4 |
| A | JP 11-339858 A(本田技研工業株式会社)10.12月.1999(10.12.99) | 1~4 |

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

21. 11. 01

国際調査報告の発送日

04.12.01

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

小川 進

4X

8414

電話番号 03-3581-1101 内線 3477

| C (続き) . 関連すると認められる文献 | | |
|-----------------------|-----------------------------------|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| | (ファミリーなし) | |

Die Erfindung bezieht sich auf eine Anordnung zur Überwachung des Zustands von Brennstoffzellen in einer Brennstoffzellen-Batterie.

Da die Brennstoffzellen die Energie eines Brennstoffs und eines Oxidationsmittels in einem isothermen Prozeß kontinuierlich in elektrische Energie umwandeln, gelten für sie nicht die Bedingungen des Carnot-Wirkungsgrads, d. h. es lassen sich relativ hohe Wirkungsgrade erzielen. Es stehen Brennstoffzellen für Arbeitstemperaturen von 20 bis 100°C, 200 bis 600°C und 800 bis 1000°C zur Verfügung. Die Hochtemperaturzellen, die im Temperaturbereich von 800 bis 1000°C arbeiten, weisen Festelektrolyte, z. B. ZrO_2 , Y_2O_3 , auf. Bedingt durch das Elektrolytmaterial, das Kathoden- und Anodenmaterial und dem mit der Zufuhr der Reaktionsgase und der Ableitung der Gase nach der Reaktion zusammenhängenden konstruktiven Aufbau ergeben sich gewisse günstige geometrische Abmessungen von Brennstoffzellen. Durch diese Abmessungen ist die Leistung festgelegt. Festelektrolyt-Brennstoffzellen üblicher Größe haben derzeit z. B. Leerlaufspannungen von 1 V und Bemessungsspannungen von 0,7 V bei einem Bemessungsstrom von 24 A. Es ist möglich, daß in Zukunft Brennstoffzellen mit höheren Leerlauf- und Bemessungsspannungen verfügbar sein werden. Um größere Leistungen zu erzeugen, müssen zahlreiche Brennstoffzellen miteinander elektrisch verbunden werden. Da im allgemeinen höhere Betriebsspannungen als 1 V benötigt werden, werden auf der untersten Ebene von aus Brennstoffzellen aufgebauten elektrischen Energieerzeugern Einzelzellen zu sogenannten "Stacks" in Reihe geschaltet.

Diese Stacks können — aber müssen nicht — als Monolithe ausgebildet sein. Diesen Monolithen werden die umzusetzenden Gase über Zuleitungen, sog. Manifolds oder Kappen, zugeführt. Die Kappen werden dicht an die Stackflächen angeschlossen. Ein Stack hat z. B. ein kubisches oder quaderförmiges Gehäuse, das an drei oder vier Seiten mit Kappen verbunden ist, an die Rohrleitungen für die zu verbrennenden oder abzuführenden Gase angeschlossen sind.

Um noch größere Leistungen zu erzielen, werden die "Stacks" zu Modulen verbunden, die in einer gemeinsamen Einheit angeordnet sind. Die Module sind bei Hochtemperatur-Brennstoffzellen thermisch isoliert und stellen eine kleinste für sich transportierbare Einheit dar. Eine solche Einheit kann bedarfsweise aus einer Anlage, die mehrere solche Einheiten enthält, herausgelöst und z. B. zur Reparaturzwecken in die Fabrikationsstelle zurücktransportiert werden. Eine Energieerzeugungsanlage besteht aus mehreren Modulen, wobei aus Redundanzgründen wenigstens zwei vorhanden sein sollen.

Ein Stack besteht beispielsweise aus 50 Zellen und hat eine Leistung von rund 850 W bei Abmessungen von $10 \cdot 10 \cdot 10 \text{ cm}^3$. Jede Zelle hat eine Leerlaufspannung von 1 V und eine Bemessungsspannung von 0,7 V. Für den Stack ergibt sich eine Leerlaufspannung von 50 V und eine Bemessungsspannung von 35 V bei einem Bemessungsstrom von 24 A. Der Innenwiderstand beträgt dann 0,6 Ω .

Diese Stacks werden dann z. B. auf der nächsten Integrationsebene zu "Modulen" verschaltet. Als Beispieldiene ein 100 kW-Modul, bestehend aus 128 Stacks, die zu acht "Säulen" mit je 16 Stacks in Serie verschaltet sind. Diese 128 Stacks sind zu einer gemeinsamen Ein-

heit, die thermisch isoliert ist, zusammen gebaut. Diese Einheit kann im Falle eines Defekts von der Energieerzeugungsanlage abgebaut werden, solange sie innen noch auf Betriebstemperatur (1000°C) ist. Sie wird durch eine Reserveeinheit ersetzt, so daß der Betrieb bereits nach kurzer Zeit wieder aufgenommen werden kann (im günstigen Fall kann das Abtrennen sogar während des Betriebes mit verringerter Leistung durchgeführt werden). Die defekte Einheit kann dann langsam auf Raumtemperatur abkühlen, bevor sie transportiert wird.

Wird nun gemäß diesem Aufbau eine 1-MW-Anlage gebaut, so beinhaltet diese 10 Module mit insgesamt 1280 Stacks, bzw. insgesamt 64.000 einzelne Zellen.

Brennstoffzellen können im Laufe der Zeit ihre charakteristischen Eigenschaften ändern. Unter Umständen sind die Änderungen so gravierend, daß die jeweilige Brennstoffzelle nicht mehr für die Energieversorgung geeignet ist. Tritt bei einer Brennstoffzelle in einer der oben erwähnten Reihenschaltungen eine solche unzulässige Eigenschaft auf, dann kann die einwandfreie Arbeitsweise des zugeordneten Stacks beeinträchtigt oder gestört werden. Um zu verhindern, daß durch störende Parameteränderungen an Brennstoffzellen die Arbeitsweise von Modulen beeinträchtigt wird, können die Brennstoffzellen während des Betriebes, z. B. durch Messung der Betriebsspannung und Vergleich mit dem Nennwert überwacht werden. Bei einer großen Anzahl von Brennstoffzellen ergibt sich dabei ein sehr großer Überwachungsaufwand.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine Anordnung zu entwickeln, mit denen die Arbeitsweise von einer Anzahl miteinander verbundener Brennstoffzellen ohne großen Aufwand überwacht werden kann.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Brennstoffzellen in wenigstens zwei parallel geschalteten Reihen mit jeweils gleicher Anzahl in den Reihen hintereinander geschaltet sind und daß die Reihen in Zweige einer Brückenschaltung aufgeteilt und mit wenigstens einer Auswertanordnung verbunden sind, die die zwischen den Zweigen abgegriffene Spannung oder den abgegriffenen Strom auswertet und bei Abweichungen über zulässige Grenzen hinaus eine Fehlermeldung erzeugt und/oder die Brennstoffzellen-Batterie abschaltet. Mit dieser Anordnung können die Einflüsse von Parameteränderungen einzelner oder mehrerer Brennstoffzellen, die in Reihe mit einer großen Anzahl von Brennstoffzellen geschaltet sind, auf relativ einfache Weise festgestellt werden. Wenn sich die Änderungen unerwünscht stark auf die von der Reihenschaltung abgegebenen Ströme bzw. Spannungen auswirken, kann die betroffene Reihenschaltung der Brennstoffzellen bei entsprechendem schaltungstechnischen Aufbau der Brennstoffzellen abgeschaltet und ausgewechselt werden.

In den Zweigen der Brückenschaltung sind insbesondere jeweils zwei oder mehr der oben erwähnten "Stacks" in Reihe angeordnet. Vorzugsweise werden sowohl die Größe der Spannung oder des Stroms an der Brückendiagonalen mit wenigstens einem vorgegebenen Wert als auch der zeitliche Verlauf der Spannung oder des Stroms mit wenigstens einem vorgebbaren Wert verglichen.

Durch die vorstehend beschriebene Art der Auswertung der Brückendiagonalspannung kann zwischen betrieblich normalen Veränderungen in den Zeilen (wie beispielsweise Differenzen in der Temperatur, der Strömungsgeschwindigkeit des Brenngases oder des Oxid-

ants, der Gasnutzung, etc.), einer langsamen Degradation der Zellen einerseits und akuten Schädigungen der Zellen (wie Bruch des Elektrolyten, Ablösung von Elektroden, Auftrennen von elektrischen Anschlüssen, Kurzschlüssen etc.) andererseits unterschieden werden.

Zwischen den vorstehend erwähnten "normalen" und den "gestörten" Betriebsfällen ergeben sich deutliche Unterschiede in der Größe der Spannung und/oder im Verlauf der Spannung der Brückendiagonalen. Aus der langsamen Verstimmung der Brücke kann auf den allgemeinen Zustand der Stacks geschlossen werden, während kurzfristige Änderungen Zeichen für akute Schäden sind und direkt zu Warnungen oder Abschaltungen des Systems führen müssen. Mit Schwellenwertdiskriminatoren, die für deutlich unterschiedliche zeitliche Veränderungen der Meßsignale an den Brückendiagonalen bestimmt sind, werden solche Fehler erfaßt.

Bei einer bevorzugten Ausführungsform werden eine Anzahl von paralleler Reihen mit hintereinander geschalteten Brennstoffzellen zeitmultiplex mit der Auswertanordnung verbunden.

Die zeitmultiplexe Erfassung der Brückendiagonalspannungen kann in so kurzen Zeitabständen erfolgen, daß sich auch schnelle Änderungen der Brückendiagonalspannungen, d. h. Störungen des normalen Betriebsverlaufs ohne einen ins Gewicht fallenden Zeitverzug, erfassen lassen.

Die Erfindung wird im folgenden anhand eines in einer Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben, aus dem sich weitere Einzelheiten, Merkmale und Vorteile ergeben.

Es zeigen:

Fig. 1 einen aus Brennstoffzellen bestehender Modul im Schema;

Fig. 2 eine Anordnung zur Überwachung des Zustands von Brennstoffzellen, die in einem Modul angeordnet sind und

Fig. 3 einen aus Brennstoffzellen aufgebauten Zweig einer Brücke, an dem eine Spannung zu Überwachungszwecken abgegriffen wird.

Brennstoffzellen setzen die Energie eines Brennstoffs und eines Oxidationsmittels in einem isothermen Prozeß kontinuierlich in elektrische Energie um. Dabei wird ein invariantes Elektroden-Elektrolyt-System verwendet.

Eine aus einzelnen Brennstoffzellen bestehende Brennstoffzellen-Batterie enthält einzelne Gruppen bzw. "Stacks" 2 von Brennstoffzellen, die jeweils n ($n = 5$) in Reihe geschaltete Brennstoffzellen aufweisen. Es sind wiederum s ($s = 4$) Stacks 2 in Reihe geschaltet. Jeweils vier in Reihe geschaltete Stacks 2 sind in einer Parallelschaltung mit Reihenschaltungen von anderen Stacks verbunden. Als Brennstoffzellen werden insbesondere Festelektrolyt-Brennstoffzellen verwendet.

Die Fig. 1 zeigt acht Reihenschaltungen von je vier Stacks. Diese acht Reihenschaltungen von je vier Stacks sind parallel geschaltet und bilden ein Modul. Wenn größere Leistungen verlangt werden, wird die Anzahl der Stacks in der Reihenschaltung und die Anzahl der parallel geschalteten Gruppen entsprechend vergrößert.

Von den in Reihe geschalteten Stacks werden an bestimmten Stellen Spannungen zu Meßzwecken abgegriffen. Die Abgriffstellen sind so gelegt, daß die Brennstoffzellen-Batterie oder Teile der Brennstoffzellen-Batterie hinsichtlich der Spannungsmessung als Brücken- oder H-Schaltung aufgefaßt werden können. In Fig. 1 sind von den acht Reihenschaltungen, die je vier

Stacks 2 haben, jeweils vier zu einer Brückenhälfte zusammengefaßt, bei der in der Mitte, d. h. zwischen den oberen beiden und den unteren beiden Stacks 2, eine leitende Verbindung 3 bzw. 4 vorgesehen ist. Von diesen leitenden Verbindungen 3, 4 bzw. ihren Anschlußstellen an den Verbindungsleitungen zwischen zwei in Reihe geschalteten Stacks gehen Leitungen 5, 6 zu einer Auswertanordnung 7, die in Fig. 1 schematisch durch ein Anzeigeegerätsymbol dargestellt ist.

Die Fig. 2 zeigt einen detaillierten schaltungstechnischen Aufbau einer Überwachungsanordnung für eine Brennstoffzellen-Batterie, die aus einzelnen Brennstoffzellen 8 aufgebaut ist. Die Brennstoffzellen-Batterie speist einen Verbraucher 9. Die Auswertanordnung 7 enthält einen Schreiber 10, mit dem der Spannungsverlauf an der Brückendiagonalen aufgezeichnet wird. Die Brückendiagonalspannung wird unmittelbar einem Schwellenwertdiskriminator 12 zugeführt, mit dem langsame Veränderungen der Brückendiagonalspannung erfaßt werden. Die eingestellte Spannungsgrenze ist z. B. auf Spannungsänderungen eingestellt, die an normale betriebliche Veränderungen angepaßt sind, die sich durch Differenzen in der Temperatur, der Strömungsgeschwindigkeit des Brenngases oder des Oxidants der Gasnutzung usw. ergeben. Wenn diese Parameter sich so stark ändern, daß die Arbeitsweise der Brennstoffzellen-Batterie beeinträchtigt wird, dann wird durch Über- oder Unterschreiten der Grenzwerte des Schwellenwertdiskriminators 11 eine Fehlermeldung erzeugt und gegebenenfalls die Brennstoffzellen-Batterie 1 abgeschaltet. Die Abschaltung ist den Gegebenheiten der Brennstoffzellen-Batterie angepaßt und kann bedarfsweise die Abschaltung des Verbrauchers 9 über einen Schalter 12 oder die Unterbrechung der Gaszufuhr für die Speisung der Batterie beinhalten.

Ein zweiter Schwellenwertdiskriminator 13 mit einer oberen und unteren Spannungsgrenze überwacht schnelle Änderungen der Brückendiagonalspannung. Die Überwachung schneller Vorgänge ist durch einen im Zuge der Leitungsverbindung angeordneten Kondensator 14 angedeutet. Mit dem Schwellenwertdiskriminator werden Veränderungen der Brückendiagonalspannung aufgrund akuter Schädigungen von Brennstoffzellen, wie Bruch des Elektrolyten, Ablösung der Elektroden, Auftrennen von elektrischen Anschlüssen, Kurzschlüssen usw., festgestellt, die z. B. zu sofortiger Fehlermeldung und einer schnellen Abschaltung oder Außerbetriebsetzung führen.

Bei besonders großen Brennstoffzellen-Batterien können Teile als Brückenschaltungen ausgebildet und von einer Auswertanordnung zeitmultiplex gemessen werden. Zumindest die Langzeitveränderungen bzw. Trends im Verhalten der Brückendiagonalspannung können zeitmultiplex erfaßt werden.

Im folgenden wird an dem in Fig. 3 dargestellten Beispiel einer Brennstoffzellen-Batterie die Empfindlichkeit der Brückenmeßmethode überprüft. Dargestellt ist ein Brückenweig mit vier parallelen Anordnungen aus jeweils acht Stacks 2, die schematisch dargestellt sind. Jeder Stack 2 soll aus 50 Zellen bestehen. Die Brennstoffzellen lassen sich jeweils als Serienschaltung einer idealen Spannungsquelle 16 mit einem idealen Innenwiderstand 17 darstellen. Diese Annahme stimmt mit guter Näherung.

Um den Einfluß der Spannung der Reihenschaltung eines Stacks auf die Brückendiagonalspannung zu bestimmen, wurde angenommen, daß sich die Leerlaufspannung der Reihenschaltung um die Leerlaufspan-

nung einer Brennstoffzelle, nämlich um 0,7 V, ändert. Diese Annahme geht von einer minimalen Spannung aus, die in der Praxis nicht unterschritten wird. In der Praxis sind erst Spannungsänderungen von einigen Volt von Interesse bzw. kritisch.

Die Brückendiagonalspannung beträgt in diesem Fall 0,35 V, was bei einer annähernd abgeglichenen Brücke auf einfache Weise erfaßbar ist.

Weiterhin wurde der Einfluß des Innenwiderstands einer Reihenschaltung aus acht Stacks 2 bestimmt. Bei gleichen Leerlaufspannungen der Brennstoffzellen wurde unter der Annahme, daß sich der Innenwiderstand des Brückenzeigs 15 um 1% erhöht, der Einfluß auf die Brückendiagonalspannung bestimmt. Die Brückendiagonalspannung ist hierbei 0,48 V, was ebenfalls mit der Brücke auf einfache Weise feststellbar ist.

Patentansprüche

1. Anordnung zur Überwachung des Zustands von Brennstoffzellen einer Brennstoffzellen-Batterie, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Brennstoffzellen (8) in wenigstens zwei parallel geschalteten Reihen mit jeweils gleicher Anzahl in den Reihen hintereinander geschaltet sind und daß die Reihen in Zweige einer Brückenschaltung aufgeteilt und mit wenigstens einer Auswertanordnung (7) verbunden sind, die die zwischen den beiden Zweigen abgegriffene Spannung oder den Strom auswertet und bei Abweichungen über zulässige Grenzen hinaus eine Fehlermeldung und/oder eine Abschaltung der Brennstoffzellen-Batterie abschaltet.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl die Größe der Spannung oder des Stroms der Brückendiagonalen als auch der zeitliche Verlauf der Spannung der Brückendiagonalen mit wenigstens einem vorgegebenen Wert verglichen werden.
3. Anordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß in der Auswertanordnung (7) zwei oder mehr Schwellenwertdiskriminatoren (11, 13) vorgesehen sind, die für deutlich unterschiedliche zeitliche Veränderungen der Meßsignale der Brückendiagonalen bestimmt sind.
4. Anordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anzahl von parallelen Reihen mit hintereinander geschalteten Brennstoffzellen in Brückenschaltungen zeitmultiplex mit der Auswertanordnung verbunden sind.
5. Anordnung nach einem oder mehreren der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Brennstoffzellen Festelektrolyt-Brennstoffzellen (Solid Oxide Fuel Cells) vorgesehen sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

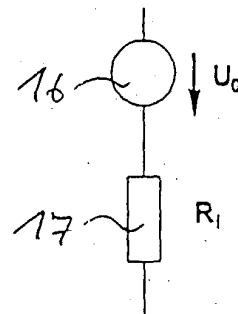
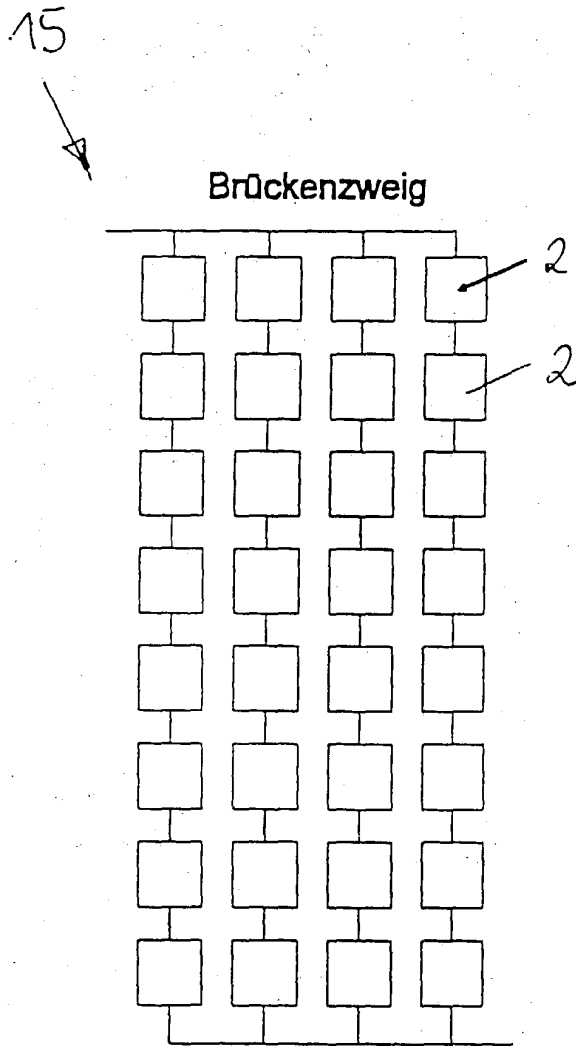
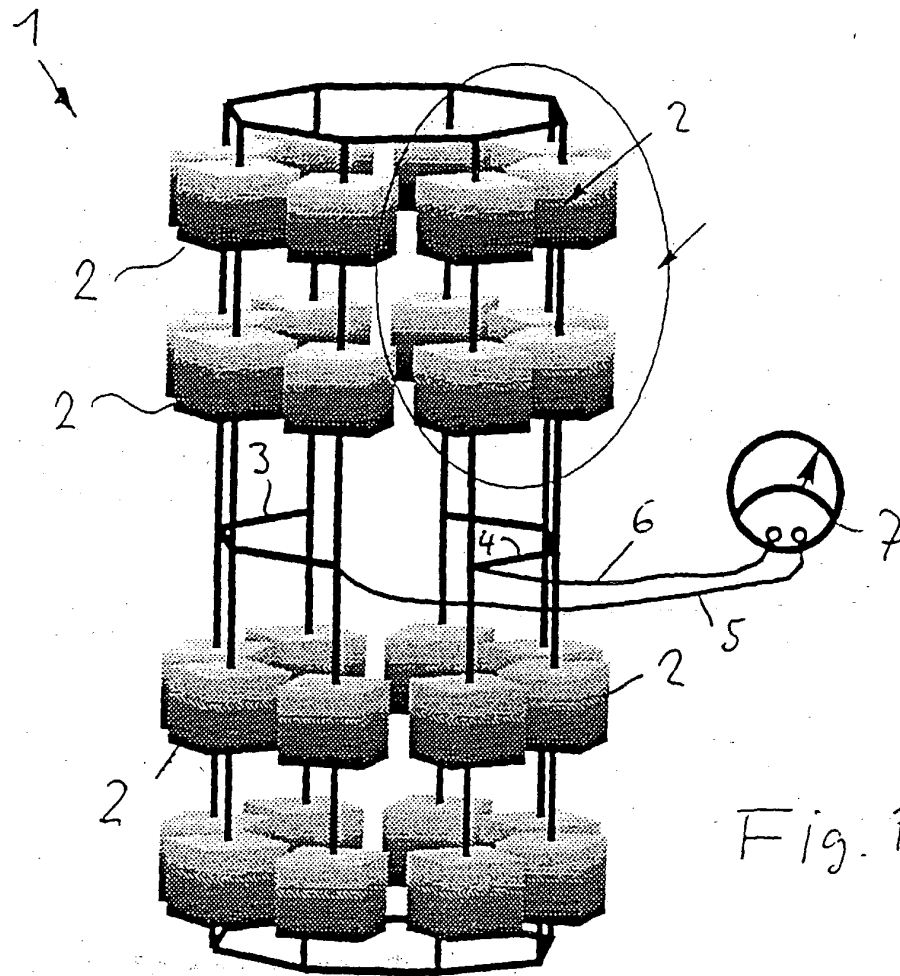


Fig. 3



*

